



نشریه علمی

پژوهشهای علوم دامی ایران

جلد ۱۴ شماره ۴

سال ۱۴۰۱

(شماره پیاپی: ۵۲)

۲۰۰۸-۳۱۰۶: شاپا

عنوان مقالات

- تقدیه نشخوارکنندگان
 بررسی اثرات تاتو اکسید مس و پری بیوتیک بر عملکرد رشد و شمارش سلول‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلنتاین ۴۶۱
 وحید واحدی، تازیله بالا پور، طاهر بلجی، میاد سیف‌زاده، جمال سیف، دواتی
- یورسی اثر مصرف کوتاه‌مدت اسیدهای چرب ۳-۸ دارای چند پیوند دوگانه بر پاسخ فاز حاد در
 گوساله‌های شیرخوار هلنتاین ۴۷۳
 سعید کامل ارومیه، رضا ولی زاده، عباسعلی ناصریان
- اثر مرحله برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه‌ای با سیلاژ ذرت بر ارزش غذایی و تجزیه پذیری آن ۴۸۹
 نقیسه رحمانیان شریف آباد، احسان صالحی فر، علیرضا فروغی
- تأثیر انتخاب آزاد بونجه، جاشیر و کنسانتره بر قابلیت هضم و رفتار مصرف خوراک بره‌های نر عربی ۵۰۷
 ویدا آریامنش، محسن ساری، مرتضی چاچی، محمد بوجارپور، سمیه سالاری
- برآزش برخی از مدل‌های غیر خطی به منظور پیش‌بینی کیتیک تخمیر شکمبه‌ای در علوفه‌های مختلف ۵۲۱
 خلیل زابلی و سعید مرادی
- تقدیه طیور
 اثرات ال-کارنیتین و امولسیفایر در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های
 بیوشیمیایی خون و پایداری اکسیدانیو گوشت جوجه‌های گوشتی ۵۳۳
 علی شامعدادی، شکوفه غضنفری، سید داود شریفی
- تأثیر سطوح مختلف پلت چسبان و ضایعات کنسار گاهی طیور بر عملکرد، کیفیت لانه و فراسنجه‌های سرمی جوجه‌های
 گوشتی ۵۵۱
 حسن رضا چوپانی، محسن مجتهدی، سید جواد حسینی و اشکان سید احسان غیبانی
- اثر مکمل لیزوفولیبید در جیره‌های حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر پارامترهای سرم خون، ریخت‌شناسی روده
 کوچک، فلور میکروبی سکوم و عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین ۵۶۷
 علی اکبر سالاری، ابوالقاسم گلپایان، احمد حسن آبادی
- اثرات ال-کارنیتین جیره‌ای بر فراسنجه‌های کیفی منی و شاخص‌های گنادی و کبدی خروس‌های مولد گوشتی ۵۸۵
 وحید محمدی، سید داود شریفی، محسن شرفی، عبدالله محمدی سنگ چشمه
- فیزیولوژی
 اثر زمان تلقیح در قبل و بعد دوشش بر میزان آبستنی گاوهای هلنتاین استان اصفهان ۵۹۵
 ربیع رهبر
- سایر
 تأثیر دما و زمان نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار بر تولد جوجه در دستگاه جوجه‌کشی ۶۰۵
 ابراهیم بابااحمدی

نشریه علمی

پژوهشهای علوم دامی ایران

با شماره پروانه ۳۶۵۵ در تاریخ ۸۷/۸/۱۹ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و درجه علمی-پژوهشی به شماره ۳/۳۱۴۹ در تاریخ ۱۳۸۸/۴/۳۰ از وزارت علوم تحقیقات و فناوری (از جلد ۱ سال ۱۳۸۸)

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

جلد ۱۴ شماره ۴ زمستان ۱۴۰۱

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر حسن نصیری مقدم

سرمدیر: دکتر رضا ولی زاده

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر رضا ولی زاده	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محسن دانش مسگران	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر غلامرضا قربانی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر سید محمد مهدی طباطبایی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر مرتضی چاجی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر حسن نصیری مقدم	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر ابوالقاسم گلیان	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر جواد پور رضا	استاد تغذیه طیور	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر فتح الله بلداجی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر احمد حسن آبادی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز دستار	استاد تغذیه طیور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر جواد ضمیری	استاد فیزیولوژی حیوانی	دانشگاه شیراز
دکتر نصراله پیرانی	دانشیار ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه شهرکرد
دکتر محمدرضا نصیری	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجتبی طهمورث پور	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سعید زره داران	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی سرگلزایی	دانشیار ژنتیک	دانشگاه گوئلف، کانادا

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه پژوهشهای

علوم دامی ایران. صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیکی: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://ijasr.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

این نشریه به صورت فصلنامه (چهار شماره در سال) منتشر می شود

اسامی ارزیابان جلد ۱۴ شماره ۴ (زمستان ۱۴۰۱) نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران (به ترتیب الفبا)

دانشگاه پیام نور مشهد	دکتر عطیه بهلولی قائن
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتر مرتضی چاجی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تبریز	دکتر حسنا حاجاتی
دانشگاه شهید باهنر کرمان	دکتر مرضیه حاج محمدی
دانش آموخته دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	دکتر مصطفی حسین آبادی
دانشگاه ایلام	دکتر علی خطیب جو
دانشگاه ارومیه	دکتر حامد خلیل وندی بهروزیار
دانشگاه ارومیه	دکتر محسن دانشیار
آموزشکده کشاورزی سرایان	دکتر مسعود دیدارخواه
دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر عطیه رحیمی
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتر محسن ساری
دانشگاه بوعلی سینا همدان	دکتر علی اصغر ساکی
دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر علی اکبر سالاری
دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر سعید سبحانی راد
دانشگاه پیام نور تربت حیدریه	دکتر حشمت سپهری
دانشگاه محقق اردبیلی	دکتر جمال سیف دواتی
دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر محمد صدقی
دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر عبدالمنصور طهماسبی
موسسه تحقیقات علوم دامی کشور	دکتر امیرحسین علیزاده قمصری
دانشگاه کردستان	دکتر امجد فرزین پور
دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر رضا مجیدزاده هروی
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتر طاهره محمدآبادی
دانشگاه لرستان	دکتر سعید محمدزاده
دانشگاه جیرفت	دکتر امیر موسائی
دانشگاه تبریز	دکتر ابوذر نجفی
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان	دکتر محمدحسین نعمتی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- تغذیه نشخوارکنندگان
- صفحه
- ۴۶۱ بررسی اثرات نانو اکسید مس و پری بیوتیک بر عملکرد رشد و شمارش سلول های خونی در گوساله های شیرخوار هلشتاین
وحید واحدی، نازیله بالا پور، طاهر یلچی، صیاد سیف زاده، جمال سیف دواتی
- ۴۷۳ بررسی اثر مصرف کوتاه مدت اسیدهای چرب ۳-۱۸ دارای چند پیوند دوگانه بر پاسخ فاز حاد در گوساله های شیرخوار هلشتاین
سعید کامل ارومیه، رضا ولی زاده، عباسعلی ناصریان
- ۴۸۹ اثر مرحله برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه ای با سیلاژ ذرت بر ارزش غذایی و تجزیه پذیری آن
نقیسه رحمانیان شریف آباد، احسان صالحی فر، علیرضا فروغی
- ۵۰۷ تأثیر انتخاب آزاد یونجه، جاشیر و کنسانتره بر قابلیت هضم و رفتار مصرف خوراک بره های نر عربی
ویدا آریامنش، محسن ساری، مرتضی چاجی، محمد بوجارپور، سمیه سالاری
- ۵۲۱ برازش برخی از مدل های غیر خطی به منظور پیش بینی کینتیک تخمیر شکمبه ای در علوفه های مختلف
خلیل زابلی و سعید مرادی
- تغذیه طیور
- ۵۳۳ اثرات ال-کارنیتین و امولسیفایر در جیره های کم انرژی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه های بیوشیمیایی خون و پایداری اکسیداتیو گوشت جوجه های گوشتی
علی شاهرادی، شکوفه غضنفری، سید داود شریفی
- ۵۵۱ تأثیر سطوح مختلف پلت چسبان و ضایعات کشتارگاهی طیور بر عملکرد، کیفیت لاشه و فراسنجه های سرمی جوجه های گوشتی
حسن رضا چوپانی، محسن مجتهدی، سید جواد حسینی و اشان، سید احسان غیائی
- ۵۶۷ اثر مکمل لیزوفسفولپید در جیره های حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر پارامترهای سرم خون، ریخت شناسی روده کوچک، فلور میکروبی سکوم و عملکرد جوجه های گوشتی در دوره آغازین
علی اکبر سالاری، ابوالقاسم گلیمان، احمد حسن آبادی
- ۵۸۵ اثرات ال-کارنیتین جیره ای بر فراسنجه های کیفی منی و شاخص های گنادی و کبدی خروس های مولد گوشتی
وحید محمدی، سید داود شریفی، محسن شرفی، عبدالله محمدی سنگ چشمه
- فیزیولوژی
- ۵۹۵ اثر زمان تلقیح در قبل و بعد دوشش بر میزان آبستنی گاوهای هلشتاین استان اصفهان
ربیع رهبر
- سایر
- ۶۰۵ تأثیر دما و زمان نگهداری تخم مرغ های نطفه دار بر تولد جوجه در دستگاه جوجه کشی
ابراهیم بابا احمدی

راهنمای تهیه و نگارش مقاله جهت چاپ در نشریه پژوهش های علوم دامی ایران

نشریه پژوهش های علوم دامی ایران، وابسته به دانشگاه فردوسی مشهد مقالات تحقیقی نویسندگان داخلی و خارجی را در زمینه های علوم دامی که به زبان فارسی با چکیده مبسوط به زبان انگلیسی و بر اساس دستورالعمل زیر تهیه شده باشند، جهت چاپ در نشریه می پذیرد. این مقالات باید برای اولین بار ارایه شده باشند و یا بطور همزمان به نشریه دیگری برای چاپ ارسال نگردیده باشند. ارایه نتایج در گردهمایی های علمی یا چاپ بصورت چکیده در مجلات علمی بلامانع است. **توجه به شیوه نامه ذیل کاملاً ضروری است:**

- ✓ مقاله ای که بر اساس دستورالعمل نشریه تهیه نشده باشد، در جلسه هیئت تحریریه مطرح نمی شود.
- ✓ مقاله ها توسط هیات تحریریه و داوران بررسی و در صورت پذیرش بر اساس تاریخ دریافت در نوبت چاپ قرار خواهند گرفت.
- ✓ مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسنده (گان) به طور مشخص نویسنده مسئول می باشد.
- ✓ هیأت تحریریه در رد و ویرایش مقاله ها مجاز است.
- ✓ مقاله ها پس از پذیرش نهایی، از لحاظ ادبی ویرایش شده و جهت اعمال اصلاحات نهایی برای نویسنده مسئول ارسال می گردد. نویسنده مسئول باید اصلاحات خواسته شده را ظرف مدت ۳ روز با نرم افزار Microsoft Word 2007 اعمال و ارسال نماید. بدیهی است هرگونه تغییر پس از آن قابل قبول نخواهد بود.
- ✓ مدارک مربوط به داوری کلیه مقاله ها در دفتر نشریه محفوظ و محرمانه بوده و هیأت تحریریه نسبت به ارائه مدارک مربوط به مقالاتی که مورد پذیرش قرار نگرفته اند، متعهد نمی باشد.
- ✓ عدم رعایت شیوه نامه فوق موجب تأخیر در پذیرش و رفت و برگشت های مکرر و زمان بر مقاله خواهد شد.

نکات مهم:

جهت ارسال هر مقاله باید چهار فایل با این مشخصات آماده گردد. (۱) فایل اصلی مقاله به صورت Word، (۲) فایل اصلی مقاله به صورت PDF (فایلهای اصلی نباید دارای اسامی و مشخصات نویسندگان باشند)، (۳) فایل صفحه مشخصات نویسندگان مقاله و (۴) فایل تعهد نامه که باید از طریق سایت نشریه به آدرس <http://ijasr.um.ac.ir/index.php/animal> به صورت بارگذاری در سایت، ارسال گردد. فایلهای Word و PDF در قسمت فایلهای اصلی و فایلهای صفحه مشخصات نویسندگان و تعهدنامه در قسمت فایلهای مکمل بارگذاری شود. در هنگام ارسال مقاله عنوان مقاله به طور صحیح و اسامی کلیه نویسندگان مقاله به ترتیب باید در سایت وارد شود. توجه شود که کلیه مراحل (ارسال، ارزیابی، اصلاحات، پذیرش و یا عدم پذیرش) از طریق سایت نشریه انجام می گیرد، همچنین کلیه نویسندگان مقاله باید فرم ارسال مقاله را تأیید و فقط از طریق سایت روند پیشروی مقاله خود را پیگیری نمایند. نویسنده مسئول می تواند از طریق ایمیل نشریه به آدرس ijasr@um.ac.ir، ijasr@fum.ac یا ijasr@ferdowsi.um.ac.ir نیز از روند پیشرفت مقاله خود مطلع گردد.

الف) فرم صفحه مشخصات مقاله

صفحه مشخصات باید به هر دو زبان فارسی و انگلیسی حاوی عنوان کامل مقاله، نام و نام خانوادگی، مرتبه علمی و سمت نویسنده (گان)، نام گروه یا مؤسسه ای که نویسنده (گان) در آن شاغل هستند و محلی که تحقیق در آن انجام شده است، آدرس کامل نویسنده (گان) شامل آدرس پستی، شماره تلفن، دورنگار و آدرس پست الکترونیکی باید در این صفحه قید شود. توجه شود که نام و محل خدمت نویسنده (گان) باید فقط در این صفحه نوشته شود و از تکرار آن در صفحات دیگر مقاله خودداری شود.

ب) فرم تعهد نامه

فرم تعهدنامه که در سایت بارگذاری شده است باید توسط نویسندگان تکمیل و پس از اینکه **به امضای تمام نویسندگان (گان) مقاله** رسیده، اسکن شده و همراه فرم صفحه مشخصات نویسندگان به عنوان فایل مکمل در سایت بارگذاری گردد.

ت) دستورالعمل تهیه مقاله؛ روش تحریر

- ✓ کلیه قسمت‌های مقاله بایستی توسط Word 2007 و با فاصله خطوط ۱ و رعایت ۲/۵ سانتی متر حاشیه از هر طرف تهیه شده باشد.
- ✓ فونت B Mitra با اندازه فونت ۱۴ بکار رود.
- ✓ حداکثر تعداد صفحات مقاله ۱۵ صفحه باشد.
- ✓ از نشانه گذاری های متداول چون نقطه، ویگول و ... به درستی استفاده شود.
- ✓ رعایت نیم فاصله در کلمات ترکیبی و جمع مانند اندازه‌گیری، شده‌اند، می‌شود، می‌توان، نکته‌ها و ... ضروری است.
- ✓ معادله‌ها در متن مقاله باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره گذاری شوند.
- ✓ واحدهای مورد استفاده در متن مقاله باید بر اساس سیستم بین‌المللی متریک (SI) باشد.
- ✓ تعداد پاورقی‌ها به حداقل برسد و شماره پاورقی‌ها در هر صفحه از عدد یک آغاز شود.

ث) ترتیب بخش‌ها

بخش‌های ضروری هر مقاله شامل: عنوان، چکیده فارسی، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری کلی، منابع، عنوان انگلیسی و چکیده مبسوط انگلیسی می‌باشند. بخش‌های پیشنهادات و سپاسگزاری بصورت اختیاری و کاملاً خلاصه شده می‌توانند به متن مقاله پس از بخش نتیجه‌گیری کلی اضافه شوند.

۱- عنوان

عنوان مقاله در ابتدا و وسط صفحه اول و به صورت پررنگ نوشته شود. عنوان باید روان، بیانگر محتوای مقاله و مختصر (حداکثر حاوی ۱۵ کلمه) باشد. عنوان فارسی، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) باید در صفحه نخست ذکر شوند.

۲- چکیده فارسی

چکیده فارسی باید حداکثر در ۲۵۰ کلمه تهیه شود. در این بخش مقاله اهداف عمده، مواد و روش‌ها، نتایج و کاربردهای شاخص بصورت خلاصه و گویا ذکر شوند. از ذکر علائم آماری چون ($P < 0.05$) و منابع مورد استفاده در این قسمت مقاله خودداری شود.

۳- واژه‌های کلیدی

در انتهای متن چکیده فارسی حداکثر ۵ کلمه به عنوان واژه‌های کلیدی (به ترتیب حروف الفبا) نوشته شود.

۴- مقدمه

مقدمه باید به معرفی و توجیه موضوع و هدف مورد پژوهش بپردازد و در آن به تحقیقات انجام یافته در زمینه مورد نظر به طور مختصر و کافی اشاره شده باشد. مقدمه باید حداکثر در یک صفحه ارائه شده باشد.

۵- مواد و روش‌ها

شرح کامل مواد مورد استفاده و روش‌ها و طرح (طرح‌های) آزمایشی بکار رفته در این بخش ذکر شوند. از بیان کامل روش‌های اقتباس شده خودداری گردد و فقط به ارایه اصول و ذکر مأخذ اکتفا شود. مواد و روش‌های ویژه، اصلاحی و ابداعات به نحوی که دیگران قادر به استفاده از آن در آزمایش‌های خود باشند، می‌توانند به اختصار ذکر گردند. در صورت لزوم جهت معرفی تیمارها و یا روش‌های خاص آزمایش می‌توان از جدول یا شکل استفاده کرد.

۶- نتایج و بحث

برای ارایه نتایج می‌توان از جدول، شکل، تصویر و منحنی استفاده کرد، اما باید از تکرار آنها به فرم‌های مختلف جدا خودداری شود. در هر قسمتی که نتایج ارائه می‌شوند باید مورد تجزیه و تحلیل هم قرار گیرند و با در نظر گرفتن هدف پژوهش، نتایج حاصله با نتایج پژوهش‌های مشابه مقایسه و بحث شوند و نتیجه‌گیری از هر بحث در انتهای آن ذکر گردد.

۶-۱- نحوه تهیه جدول‌ها و شکل‌ها

۶-۱-۱- جدول

✓ **الگوی جدول باید دقیقاً مشابه جدول نمونه ذیل باشد.**

✓ **عنوان و اطلاعات نوشتاری درون جدول به دو صورت فارسی و انگلیسی نوشته شوند، اما اعداد فقط به انگلیسی نوشته شوند.**

✓ فونت عنوان و محتویات جدول برای فارسی B Mitra و برای انگلیسی Times New Roman با اندازه ۱۰ باشد. زیرنویس با اندازه فونت ۹ نوشته شود.

✓ عنوان جدول در بالا و با فرمت وسط چین نوشته و گویای نتایج مندرج در آن باشد. عنوان از شماره جدول با خط تیره جدا شود. در کل جدول **فقط عبارات جدول و شماره آن** پررنگ گردد و از ارائه پررنگ سایر قسمت‌های جدول خودداری شود. (جدول ۱- تأثیر)

✓ هر جدول با یک خط افقی از عنوان آن و سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی کشیده شود. در صورت لزوم می‌توان برای تقسیم سر جدول از خطوط افقی در داخل کادر سر جدول استفاده کرد.

✓ تیمارها در ردیف اول، سر جدول و به صورت وسط چین، اما متغیرها در سمت چپ جدول و به صورت چپ چین ارائه گردد. از کشیدن هر گونه خط عمودی در جدول خودداری شود.

✓ توضیحات اضافی عنوان و متن جدول باید بصورت زیر نویس ارائه شوند و ارتباط آنها با جدول و عنوان با استفاده از علامت‌های عددی در بالا و سمت راست جمله‌ها، اعداد و غیره به صورت توان و اندازه کوچکتر مشخص شود. برای نوشتن زیر نویس یک سطر به جدول اضافه و آن سطر را Merge کرده و زیر نویس‌ها را در آن بنویسید تا خطوط شروع جدول و زیر نویس همراستا باشند.

✓ توضیحات زیرنویس در صورتی که به زبان فارسی است، راست چین و در صورتی که به زبان انگلیسی است، چپ چین باشند.

✓ واحدهای مربوط به هر پارامتر جدول روبروی آن نوشته شود و اگر کل پارامترهای جدول یک واحد دارند در عنوان جدول نوشته شود. (مانند مثال زیر):

جدول ۱- تأثیر سطوح مختلف محصولات فرعی در جیره بر متابولیت‌های پلاسما (بر حسب میلی‌گرم بر دسی لیتر)

Table 1- Effect of different levels of by-products in dietary on plasma metabolites (mg/dl)

Plasma metabolites	جیره های آزمایشی Experimental diets				P-value		
	Alfalfa	5% BP ¹	20% BP	SEM	treat	time	Treat × time
گلوکز Glucose (mg/dl)	10.0	10.0	10.0	10.0	0.002	0.002	0.002
نیترژن اوره ای خون BUN (%) ²	10.0	10.0	10.0	10.0	0.002	0.002	0.002
آسپاراتات آمینو ترانسفراز AST (U/L) ³	10.0	10.0	10.0	10.0	0.002	0.002	0.002
آلانین آمینو ترانسفراز ALT (U/L) ⁴	10.0	10.0	10.0	10.0	0.002	0.002	0.002
لیپوپروتئین با دانسیته پایین LDL (mol/L) ⁶	10.0	10.0	10.0	10.0	0.002	0.002	0.002

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند (P<0.05).

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

¹By-Products were used instead of alfalfa in 5 and 10 % based on dry matter intake.

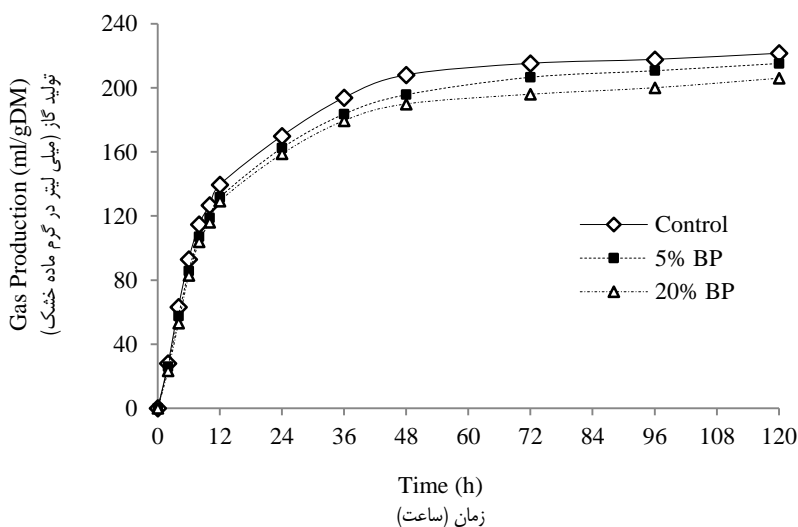
²Blood urea nitrogen

³Aspartate Aminotransferase

⁴Alanine Aminotransferase

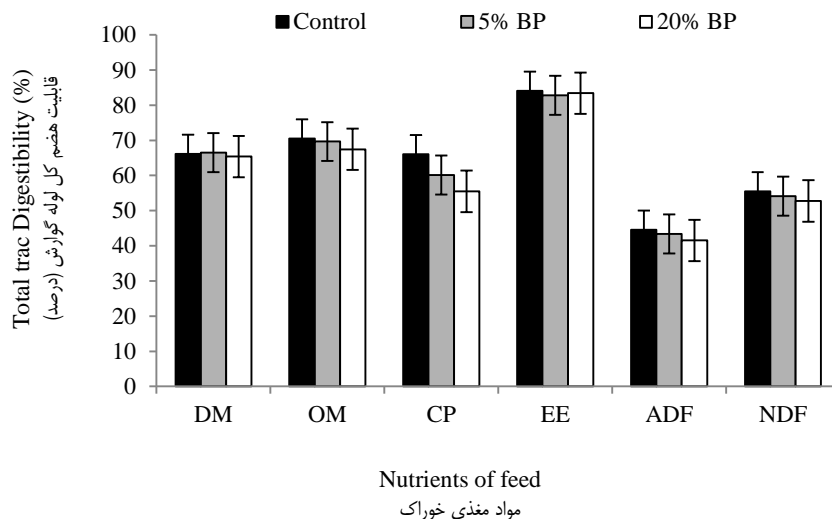
⁵Low density lipoprotein

- ✓ الگوی شکل باید دقیقاً مشابه با شکل‌های نمونه ذیل باشد.
- ✓ عنوان شکل، عنوان محورهای افقی و عمودی شکل به دو صورت فارسی و انگلیسی نوشته شوند. اما اعداد به انگلیسی باشند.
- ✓ هر محور افقی و عمودی باید حاوی توضیح کامل و واحد باشد. واحد پس از عنوان محور داخل پرانتز نوشته شود.
- ✓ عنوان شکل در پایین و با فرمت وسط چین نوشته و معرف محتوای ارایه شده در آن باشد.
- ✓ فونت عنوان و محتویات شکل برای فارسی B Mitra و برای انگلیسی Times New Roman با اندازه ۱۰ باشد. زیرنویس با اندازه فونت ۹ نوشته شود. در کل شکل **فقط عبارت شکل و شماره آن** پررنگ باشد و عنوان و توضیح شکل به صورت پررنگ نباشد. (شکل ۱- تأثیر.....)
- ✓ از اعداد انگلیسی در محورهای افقی و عمودی در شکل‌ها استفاده شود. توجه: در مورد شکل، از الگوهای سیاه و سفید استفاده شود و رنگ زمینه در کلیه شکلها بایستی سفید باشد.
- ✓ در نمودارهای خطی می‌توان از علائمی نظیر (♦, ◇, ▲, △, +, ●, ○, ■, □) استفاده کرد.
- ✓ از آوردن کادر دور شکل و خطوط طولی در شکل خودداری شود.
- ✓ سعی شود با نرم افزار Excle روی شکلها به خوبی کار شود تا بالاترین کیفیت برای شکلها بدست آید.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف محصولات فرعی در جیره بر میزان تولید گاز در شرایط *in vitro*

Figure 1- Effects of different levels of by-products in dietary on extent of gas production *in vitro*



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف محصولات فرعی در جیره‌بر قابلیت هضم شکمبه ای مواد مغذی

Figure 1- Effects of different levels of by-products in dietary on rumen digestibility of nutrients

۷- نتیجه گیری کلی

استنتاج های کلی و شاخص حاصل از تحقیق باید در این بخش ذکر شوند. چنانچه نویسنده (گان) پیشنهاداتی بر آمده از تحقیق برای خوانندگان داشته باشند، می توانند در این قسمت ذکر نمایند.

۸- سپاسگزاری

بخشی اختیاری است و در ذیل آن نگارنده (گان) می توانند از تأمین کنندگان بودجه، امکانات و اشخاصی که در انجام تحقیق کمک کرده اند حداکثر در ۳ سطر پس از پذیرش در مرحله ویراستاری تشکر و قدردانی نمایند، بنابراین توصیه اکید می شود نویسنده (گان) در کلیه مراحل قبل از پذیرش نهایی از اضافه کردن این بخش به مقاله خودداری نمایند.

۹- منابع

الف) ارجاع به منابع (درون متنی)

نحوه رجوع منابع در متن به صورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند.

- مثال برای ارجاع به منبعی که فقط یک نویسنده دارد: (Naserian, 2008)

- برای منبعی با دو نویسنده از کلمه "and" بین آن‌ها به صورت زیر استفاده شود:

(Naserian and Valizadeh, 2009)

- برای مقاله‌ای با بیشتر از دو نویسنده از کلمه ایتالیایی "*et al.*" به صورت زیر استفاده شود:

(Naserian *et al.*, 2008)

- هنگام ارجاع همزمان به چند منبع از علامت ";" به صورت زیر استفاده شود:

(Naserian, 1999; Naserian *et al.*, 2008; Naserian and Valizadeh, 2009)

- زمان ارجاع به رفرنس در ابتدا یا وسط جمله مشابه مثال زیر استفاده شود:

- ناصریان و همکاران (Naserian *et al.*, 2010)

- کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند.
- همواره در نوشتن نام نشریات و منابع، اسم کامل آن‌ها آورده شود و از اسامی کوتاه شده آن‌ها استفاده نشود.
- از ذکر منابع بی‌نام و غیر قابل دسترس خودداری شود.

- **تمامی ارجاعات داخل متن باید به رفرنس مربوطه لینک شوند.**
- **درج شناسه DOI (در صورت وجود) در انتهای هر رفرنس الزامی است.**

ب- منابع مورد استفاده

- منابع مورد استفاده باید شامل جدیدترین منابع در زمینه کار مورد نظر باشد. فهرست منابع به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نویسنده(گان) مقاله مرتب و شماره‌گذاری شود. وقتی از چند اثر مختلف یک نویسنده استفاده می‌شود، ترتیب شماره‌گذاری این مقاله‌ها بر حسب سال انتشار آنها (از قدیم به جدید) انجام گیرد. **توجه شود که تمام منابع فارسی و انگلیسی مورد استفاده در قسمت منابع باید به انگلیسی نوشته شوند. سال‌های شمسی به میلادی تبدیل شوند. در برگردان اسامی افراد اطمینان حاصل شود که املاء آن‌ها و سال انتشار درست باشد. لازم است برای برگردان صحیح اسامی و عنوان مقالات و دیگر منابع به پایگاه‌های اطلاعاتی مثل SID، arandoc، Sciencedirect و غیره مراجعه شود و یا رأساً با شخص مورد نظر تماس گرفته شود.**
- **ضروری است در انتهای منابع فارسی که به انگلیسی برگردان شده عبارت In Persian در انتهای منبع داخل پرانتز ذکر شود.**

۹-۱- نکات مهم در مورد نوشتن منابع (برون متنی)

- ✓ در نوشتن لیست منابع و ارجاعات از روش رفرنس نویسی APA استفاده شود.
- ✓ نحوه نگارش منابع اتخاذ شده از نشریه های علمی، کتاب، همایش ها و یا درگاه الکترونیکی بایستی به صورت ذیل باشد.
- ✓ نام نشریه و یا همایش علمی باید به صورت کامل نوشته شود و از نوشتن مخفف آنها جداً خودداری شود.
- ✓ نام خانوادگی نویسنده اول، حرف اول اسم (اسامی) کوچک نویسنده اول، از نویسنده دوم به بعد حرف اول اسم (اسامی) کوچک و بعد نام خانوادگی. سال انتشار. عنوان. مشخصات ناشر. صفحه.
- ✓ به نقطه و ویرگولها در نوشتن منابع بسیار توجه شود.

به مثالها توجه نمایید:

۹-۱-۱- نشریه های علمی

1. Lane, M. A., Baldwin, R. L., & Jesse, W. (2011). Sheep rumen metabolic development in response to different dietary treatment. *Journal of Dairy Science*, 78(Supp1.1), 310(Abstr). [Doi: 10.2527/2000.7871990x](https://doi.org/10.2527/2000.7871990x)
2. Tyrrell, H. F., & Moe, P. W. (2008). Effect of intake on digestive efficiency. *Journal of Dairy Science*, 58,1151-1163.
3. Ansari-Renani, H., M. Salehi, Z. Ebadi, and S. Moradi. 2010. Identification of hair follicle characteristics and activity of one and two humped camels. *Small Ruminant Research*, 90(1),64-70.
4. Akbari, M., & H. R. Afshari. (2014). Mapping of transcription factor binding Region of kappa casein (CSN3) gene in Iranian Bacterianus and Dromedaries camels. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 6(4),57-65. (In Persian).

5. Karimi, M. A., Esfahan, M. C., Hisseini, G., & Rezaei, M. (2012). Effect of glutamic acid on broiler given sub marginal crude protein with adequate essential amino acids using feeds high and low in potassium. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(2),17-25. (In Persian).

۹-۱-۲- کتاب ها

6. AOAC International. 2012. Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
7. Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
8. Lengemann, F. W., R. A. Wentworth, and C. L. Comar. 1974. Physiological and biochemical aspects of the accumulation of contaminant radionuclides in milk. Pages 159–170 in Lactation: A Comprehensive Treatise. Nutrition and Biochemistry of Milk/Maintenance. Vol. 3. B. L. Larson and V. R. Smith, ed. Academic Press, London, UK.
9. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

۹-۱-۳- همایش ها

10. Barbano, D. M. 1996. Mozzarella cheese yield: Factors to consider. Page 29 in Proc. Wisconsin Cheese Markers *Meeting Center of Dairy Research*, University of Wisconsin, Madison.
11. National Mastitis council. 1995. Summary of peer-reviewed publications on efficacy of pre-milking and post-milking teat disinfections published since 1980. Pages 82-92 in Natl. *Mastitis Council Regional Meeting proceeding*, Harrisburg, PA. Natl. Mastitis council, Inc., Madison. WI.

۹-۱-۴- درگاه الکترونیکی (Web Site)

12. Buch, L. H., A. C. Sorensen, J. Lassen, P. Berg, J. A. Eriksson, J. H. Jakobsen, and M. K. Sorensen. 2011. Hygiene-related and feed-related hoof diseases show different patterns of genetic correlations to clinical mastitis and female fertility. *Journal of Dairy Science*, 94:1540–1551. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3137>.
13. Mathieu R., H. M. Richards, S. J. Brooks, W. Stewart, and M. Sbins. 2004. Relationships between Milk production and heritability in Holstein dairy cattle. *International Journal of Animal Science*, 24(2):65–81. Available at <http://www.informaworld.com/contentUa/V.24-2>.

*** نویسندگان محترم توجه نمایند که آخرین اصلاحات راهنمای نگارش مقاله در سایت نشریه قابل دسترس است.



Evaluation of the Effects of Copper Nanoxide and Celmanax Prebiotic on Growth Performance and Blood Cell Count in Holstein Suckling Calves

Vahid Vahedi^{1*}, Nazileh Balapour², Taher Yalchi³, Sayyad Seifzadeh⁴, Jamal Seifdavati⁵

Received: 03-03-2021

Revised: 14-03-2022

Accepted: 10-04-2022

Available Online: 10-04-2022

How to cite this article:

Vahedi, V., Balapour, N., Yalchi, T., Seifzadeh, S., & Seifdavati, J. (2022). Evaluation of the effects of copper nanoxide and celmanax prebiotic on growth performance and blood cell count in holstein suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(3), 459-470.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.68668.1006](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.68668.1006)

Introduction: Before weaning, dairy calves are susceptible to many pathogens and nutritional problems. For several years antibiotics have been used to overcome these problems also to obtain economic benefits in terms of improved calves performance and reduced medication costs. However, the use of antibiotics in animal husbandry is in question because of antibiotic resistance of microorganisms. In an effort to replace antibiotics from animal feeds, many additives have been proposed. Probiotic, prebiotics and Organic and inorganic mineral salts are examples of these additives. Prebiotics are non-digestible carbohydrates which are not metabolized in the small intestine and fermented in large intestine. Mannan oligosaccharides and β -glucan are prebiotics which derived from *saccharomyces cerevisiae* cell wall and are able to block fimbriae of pathogenic bacteria, and thus prevent their adhesion to the mucous epithelium. The administration of prebiotic to calves can decrease coliform population of large intestine and colon of calves. More recently, prebiotics have been shown to have immune-enhancing characteristics Also, Copper is a microelement that is present in many important processes in the body and plays a vital role. Copper deficiency in some parts of the world is a major problem in ruminants. For this reason, dietary supplements are commonly used to regulate the diet of calf to compensate for copper deficiency. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of copper nanoxide and prebiotics on blood cell count and growth performance in Holstein suckling calves.

Materials and methods Twenty-eight Holstein calves with an average age of 1 to 8 days and an average weight of 39 ± 1 kg were used in a factorial experiment as a completely randomized design with 4 treatments and 7 replications. Experimental treatments include: 1) Basal diet without additives, 2) Basic diet with 4 gr of prebiotic per day, 3) Basic diet with 15 ppm nanoparticles of copper per day, 4) Basic diet + 4 gr of prebiotic + 15 ppm nanoparticles of copper per day. The diet containing feed and milk was given two times a day i.e. in the morning (8:00 am) and evening (18:00 pm). Water was offered ad libitum. Whole blood samples were collected from jugular veins on d 60, approximately 3 h after the morning feeding. Samples were sent to the laboratory under refrigeration (4°C) till analyzed for WBC count, neutrophil, lymphocyte and monocyte concentration.

Results: The results showed that the copper nanoxide, prebiotics and the interaction of copper nanoxide and prebiotics could not affect the final weight of suckling calves. The results showed that feed intake, daily weight gain and feed conversion ratio of suckling calves were not significantly affected by supplementation of prebiotic and copper nanoxide in the diet during the first, second month and experimental period. Also, Body length, Withers height and Heart girth of Holstein suckling calves were not affected by copper nanoparticles and prebiotics supplementation. Prebiotic, copper nanoxide and their interaction had no significant effect on white blood cells, red blood cells, hemoglobin and hematocrit. In contrast, copper nanoxide and prebiotics significantly increased the neutrophil percentage ($P < 0.05$).

Research has shown that probiotic consumption had no significant effect on functional parameters of Baluch sheep including final weight, daily gain, feed intake and dietary intake. However the result of the other study

1, 2 and 3- Associate Professor, Graduated M.Sc. Student and Assistant professor, Department of Animal Science, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

4 and 5- Ph.D. Student and Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding Author Email: vahediv@uma.ac.ir

suggests that prebiotic can be supplemented to the calves for better performance. In contrary to the results of the present study, other researchers have indicated that copper nanoparticles could improve growth performance and modulate intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in weaned piglets. In the study addition of pro- prebiotic and symbiotic to the whole milk of dairy female calves increased average daily gain but dry matter intake and blood parameters related to immune system and cell-mediated immune response were not affected. However, when a combination of probiotic and prebiotic added to the milk a better improvement in average daily gain was observed. A study reported that haematological traits (WBC count, neutrophil, monocyte, lymphocyte and hemoglobin) were unaffected by prebiotic and synbiotic in weaned pigs. However, the other study showed that immune parameters such as lymphocytes, leukocyte and neutrophils tended to increase in supplementation of symbiotic.

Conclusion In general, results of this experiment indicated that using prebiotics and copper nanoxide did not improve growth performance and blood cell count except neutrophil percentage.

Keywords: Copper nanoxide, Growth performance, Prebiotics, Suckling calves.

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۴۷۰-۴۵۹

بررسی اثرات نانو اکسید مس و پری بیوتیک بر عملکرد رشد و شمارش سلول‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

وحید واحدی^{۱*}، نازیله بالاپور^۲، طاهر یلچی^۳، صیاد سیف‌زاده^۴، جمال سیف دواتی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی اثرات نانو اکسید مس و پری بیوتیک بر عملکرد و شمارش سلول‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بود. تعداد ۲۸ رأس گوساله هلشتاین با میانگین سنی یک الی هشت روز و میانگین وزنی 39 ± 1 کیلوگرم در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هفت تکرار استفاده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره پایه بدون افزودنی، (۲) جیره پایه به همراه ۴ گرم پری بیوتیک در روز، (۳) جیره پایه به همراه ۱۵ میلی گرم نانو اکسید مس در روز، (۴) جیره پایه + ۴ گرم پری بیوتیک + ۱۵ میلی گرم نانو اکسید مس در روز بودند. نتایج نشان داد که عامل نانو اکسید مس، پری بیوتیک و اثر متقابل نانو اکسید مس و پری بیوتیک نتوانست وزن نهایی گوساله‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. میزان مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی و همچنین صفات دور سینه، طول بدن و ارتفاع از جدوگاه تحت تأثیر استفاده از نانو اکسید مس و پری بیوتیک در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین قرار نگرفتند. عامل پری بیوتیک، نانو اکسید مس و عامل متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز، لنفوسیت، هموگلوبین و هماتوکرین ایجاد نکرد. اما عامل اثرات متقابل نانو اکسید مس و پری بیوتیک درصد نوتروفیل را به طور معنی‌داری افزایش داد ($P < 0.05$). نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از پری بیوتیک و نانو اکسید مس نتوانست سبب بهبود عملکرد رشدی و شمارش سلولی‌های خونی به جز درصد نوتروفیل شود.

واژه‌های کلیدی: پری بیوتیک، عملکرد رشد، گوساله شیرخوار، نانو اکسید مس

مقدمه

زیادی به دنبال جایگزین برای این ترکیبات به وجود آمد (Anadón *et al.*, 2012). نمک‌های معدنی و همچنین پری بیوتیک‌ها را از جایگزین‌های این ترکیبات می‌توان نام برد که از راه افزایش مصرف خوراک و یا فعالیت ضد میکروبی خود به عنوان محرک رشد عمل می‌کنند (Iqbal and Malik, 2012). روی، نقره، جیوه، آرسنیک و مس از مواد ضد میکروبی قوی به حساب می‌آیند. در این میان عنصر مس از لحاظ زیست‌محیطی و ویژگی ضد قارچی، ضد باکتریایی و حتی ضد ویروسی اهمیت زیاد و حیاتی دارد (Li *et al.*, 2010). آنزیم‌هایی چون سرولوپلاسمین، سیتوکروم سی اکسیداز، مس-روی

در پرورش دام‌های اهلی مانند گاو و گوسفند، استفاده از آنتی بیوتیک‌ها بیشتر برای مقابله با بیماری‌ها و نواقص متابولیکی و همچنین برای بهبود راندمان خوراک مصرفی می‌باشد. ولی به خاطر شیوع باکتری‌های مضر و بیماری‌زا که به آنتی بیوتیک‌ها مقاومت نشان می‌دهند و برای انسان خطرناک می‌باشند، مصرف این مواد توسط اتحادیه اروپا ممنوع اعلام شده است. پس از ممنوع اعلام شدن استفاده از آنتی بیوتیک‌ها در تعداد زیادی از کشورهای جهان، علاقه

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری تغذیه دام و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

(Email: vahediv@uma.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

کربوهیدرات‌هایی از جمله نشاسته مقاوم به هضم شکمبه‌ای، فیبر (پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای مانند سلولز، همی سلولز و پکتین)، الیگو ساکاریدها از قبیل اینولین، الیگو ساکارید فروکتوز و الیگو ساکارید مانان هستند (Patterson and Burkholder, 2003).

در سال‌های اخیر، سطح مصرف عناصر معدنی کم نیاز در پژوهش‌های مختلف نسبت به توصیه (NRC 2001) متفاوت بوده که بر نتایج پژوهش‌ها اثرگذار بوده است (Formigoni et al., 2011). لذا، تحقیق حاضر به بررسی سطوح بالاتر مس در جیره گو ساله‌های شیرخوار پرداخته و از طرفی دیگر، با استفاده همزمان مس و پری‌بیوتک فرض شد با جذب بیشتر مکمل مس و سایر مواد مغذی، عملکرد رشد دام بهبود یابد. بنابراین، با توجه به موارد ذکر شده، مطالعه‌ای با هدف بررسی اثرات نانو اکسید مس و پری‌بیوتیک بر عملکرد رشد و شمارش سلول‌های خونی در گو ساله‌های شیرخوار هلشتاین طراحی و انجام گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مجتمع دامپروری شرکت کشت و صنعت مغان واقع در استان اردبیل، شهرستان پارس‌آباد صورت پذیرفت. بدین منظور از ۲۸ رأس گو ساله هلشتاین تازه متولد شده با میانگین سنی ۱-۸ روز و میانگین وزنی 3.9 ± 1 کیلوگرم با چهار تیمار و هفت تکرار به‌طور کاملاً تصادفی در قالب طرح فاکتوریل (۲×۲) استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره پایه بدون افزودنی، (۲) جیره پایه به همراه چهار گرم پری‌بیوتیک در روز، (۳) جیره پایه به همراه ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک نانو اکسید مس، (۴) جیره پایه + ۴ گرم پری‌بیوتیک + ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک نانو اکسید مس بودند. پری‌بیوتیک مورد استفاده در این مطالعه، سلماناکس ساخت شرکت (VI-COR) آمریکا (Arm and Hammer Animal Nutrition) بوده که توسط شرکت پیش‌تازان توزیع می‌شود. سلماناکس (Celmanax) یک پری‌بیوتیک حاوی سه محصول مخمر هیدرولیز شده، عصاره مخمر و محیط کشت ساکارومایسس سرویسیه بوده که یک فرآورده طبیعی حاوی بتاگلوکان، مانان الیگوساکارید، پروتئین، اسیدهای آمینه، مواد معدنی و ویتامین‌های گروه B می‌باشد. همچنین نانو اکسید مس (درجه خلوص نانو اکسید مس ۹۹/۹ درصد و جرم مولکولی ۷۹/۵۴ گرم در مول) استفاده شده در این طرح ساخت شرکت آمریکایی -US Research- بود. گوساله‌ها در ۲۴ ساعت اول پس از تولد، از مادران خود جدا شده و ضد عفونی ناف با محلول تتورید انجام گرفت و پس از وزن‌کشی به باکس‌های انفرادی منتقل شدند. سپس با چهار لیتر آغوز در دو نوبت و در هشت ساعت اولیه تولد تغذیه شدند. دادن آغوز برای دو روز دیگر بر مبنای ۱۰ درصد وزن بدن ادامه یافت. شیردهی به گوساله‌ها روزانه در دو نوبت (ساعت

سوپراکسید دیسموتاز و چندین آنزیم دیگر در بافت‌های پستانداران به مس وابسته هستند (Underwood and Suttle, 1999). نقش مس در فعالیت این آنزیم‌ها سبب گردیده است که این عنصر در عملکرد فیزیولوژیکی دام نظیر خون‌سازی، سلامت سیستم ایمنی، محافظت در برابر اکسیدان‌ها و عملکردهای دیگر، نقش مهمی داشته باشد. کمبود مس در برخی نواحی جهان یک مشکل عمده در نشخوارکنندگان محسوب می‌شود (Solaiman et al., 2006). غلظت پیشنهادی مس در گو ساله‌ها توسط NRC (National Research Council, 2000) ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و ARC (Aquaculture Research Council, 1980) ۸-۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد. مقدار مس مورد نیاز در جیره، با توجه به امکان حضور مواد دخیل در جذب مس متفاوت است. جذب مس در گو ساله در اوایل زندگی بیش از ۷۰ درصد بوده، اما با توسعه شکمبه جذب کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که با بالغ شدن دام میزان جذب آن به یک الی پنج درصد از مس جیره می‌رسد (National Research Council, 2001). فیتات، کلسیم، گوگرد، آهن روی یا مولیبدین میزان جذب مس را کاهش داده، اما عوامل کیلات‌کننده مانده آمینو اسید، سیترات یا فرم غیرمعدنی، میزان جذب را افزایش می‌دهند (McDowell, 2003). همچنین گزارشاتی وجود دارد که نشان می‌دهد، فرم‌های مختلف مس سطح جذب متفاوتی داشته است (Suttle, 2010). در این شرایط، به‌کارگیری یک منبع مناسب یا فرمی از ماده معدنی که زیست‌فراهمی بالایی داشته باشد، یک روش مفید برای کاهش مصرف مواد معدنی کمیاب در جیره از طریق افزایش زیست‌فراهمی آن‌ها می‌باشد (Crech et al., 2004). گزارشاتی وجود دارد که استفاده از فرم آلی و یا مس به‌فرم نانو در مقایسه با سولفات مس، زیست‌فراهمی بیشتری دارد (Gonzales-Eguia et al., 2009). کاهش دادن اندازه ذرات در حد نانو و افزایش نسبت سطح به حجم در فرآورده‌های نانو، سبب افزایش سطح تماس ذرات نانو با بیومولکول‌ها شده و علاوه بر این باعث می‌شوند تا فعل و انفعالات شیمیایی این مواد با مولکول‌های آلی و معدنی در بدن به‌طور متفاوتی انجام پذیرد (Francisco et al., 2008).

در سال‌های اخیر، علاقه بسیاری به افزایش جذب مواد معدنی از راه مصرف الیگوساکاریدها به‌وجود آمده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که الیگوساکاریدها از راه کاهش pH، جذب روده‌ای برخی مواد معدنی از جمله کلسیم، منیزیم، آهن و مس را افزایش داده اند (Monchios et al., 1999). این ترکیبات می‌تواند از راه افزایش ارتفاع، یکنواختی و یکپارچگی پرزهای روده، جذب مواد مغذی و عملکرد رشد را بهبود بخشد. پری‌بیوتیک‌ها مواد غیر قابل هضمی هستند که از طریق رشد یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از گونه‌های باکتریایی که هدف آن‌ها بهبود سلامتی میزبان است، به‌طور مؤثری بر ارتقای سلامتی دام و طیور تأثیر می‌گذارد (Deka, 2009). پری‌بیوتیک‌ها شامل

نهایی گو ساله‌های شیرخوار را تحت تأثیر قرار نداد. ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که میزان مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی گو ساله‌های شیرخوار در اثر مکمل کردن عامل پری بیوتیک و نانو اکسید مس در جیره، تحت تأثیر قرار نگرفت. م سلمی پور و همکاران (Moslemipur et al., 2014) گزارش کردند افزودن پری بیوتیک به شیر و آغوز باعث بهبود ضریب تبدیل نسبت به گروه شاهد و گروه سین بیوتیک شده است. در پژوهشی، استفاده از الیگو ساکارید مانان در گو ساله‌های شیرخوار سبب تحریک مصرف خوراک آ غازین شد (Swanson et al., 2002). گاش و مهلا (Ghosh and Mehla, 2012) گزارش کردند که استفاده از چهار گرم مانان الیگوساکارید در گو ساله‌های شیرخوار سبب بهبود مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه می‌شود. در آزمایش‌های دیگر گزارش شده است که گو ساله‌های که با پری بیوتیک مانان الیگوساکارید و بتاگلوکان تغذیه شده بودند، افزایش وزن بیشتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند (Ley et al., 2006). رودپشتی و دبیری (Roodposhti and Dabiri, 2012) با بررسی اثرات اولیگوساکاریدهای مانان در جیره گو ساله‌های شیرخوار نشان دادند که مصرف خوراک در مقایسه با گروه دریافت کننده آنتی بیوتیک و شاهد بیشتر است، اما تأثیری بر وزن نهایی بدن ندارد. در پژوهشی اثر معنی‌داری در افزایش وزن روزانه گو ساله‌های دریافت کننده مانان الیگو ساکاریدها مشاهده نشد (Heinrichs et al., 2003).

اما در مقابل، دن و همکاران (Dann et al., 2000) و بالو (Ballou, 2011) در گزارشی نشان دادند که استفاده از پری بیوتیک در جیره گو ساله‌های شیرخوار اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد و مصرف خوراک ندارد که مشابه با نتایج این تحقیق می‌باشد. توسعه انواع ریز جانداران شکمبه (نظیر باکتری‌های هوازی و غیر هوازی) در زمان‌های مختلف پس از تولد روی می‌دهد، اما از حدود هفته دوم پس از تولد، کلنی جمعیت میکروبی با توسعه قابل قبولی مشاهده می‌شود. احتمالاً از دلایل عدم اثرگذاری پری بیوتیک بر عملکرد رشد در این مطالعه تخمیر جزئی پری بیوتیک در شکمبه و سطوح ناکافی از پری بیوتیک تغذیه شده باشد (Azami et al., 2017).

۸ صبح و ساعت ۱۸) انجام شد. در روز چهارم تولد، گو ساله‌ها به باکس‌های انفرادی بتونی به اندازه ۱×۲ متر در محل گو ساله‌دانی انتقال داده شدند. استارتر از روز چهارم پس از تولد به صورت آزاد در اختیار گو ساله قرار گرفت. آب آشامیدنی نیز همراه با استارتر از روز چهارم تولد به صورت مصرف آزاد در اختیار گو ساله‌ها قرار گرفت. مقدار ۱۰ در صد بونجه خشک از روز ۲۰ پس از تولد به صورت خرد شده در اندازه قطعات ۱-۲ سانتی متر به جیره‌ی استارتر گو ساله‌ها اضافه شد. جیره‌های آزمایشی و ترکیب شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

در طول ۵۰ روز دوره آزمایشی، جیره‌های غذایی پس از توزین روزانه در اختیار گو ساله‌ها قرار گرفت. برای تعیین میزان مصرف خوراک، قبل از ریختن خوراک وعده صبح، باقی‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و ثبت شدند. گو ساله‌ها هر دو هفته یک بار با اعمال محرومیت قبلی ۱۴-۱۲ ساعت از آب و خوراک جهت جلوگیری تغییرات وزن، وزن کشی شدند (Ramezani et al., 2018).

جهت تعیین سلول‌های خونی (گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز، لنفوسیت، مونوسیت و نوتروفیل) از سیاهرگ و داج گو ساله‌ها خون‌گیری به عمل آمده و در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد اتیلن‌دی‌آمین‌تتراستیک اسید ریخته شد. تعیین سلول‌های خونی از طریق رنگ‌آمیزی و تفریق سلولی و شمارش چشمی زیر میکروسکوپ نوری انجام گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و رویه Mixed انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSMEANS صورت گرفت و سطح احتمال پنج درصد به عنوان سطح معنی‌داری منظور گردید. معادله مدل آماری مورد استفاده $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$ بود که در آن، Y_{ijk} : متغیر وابسته، μ : میانگین هر یک از مشاهدات، A_i : اثر فاکتور اول (پری بیوتیک صفر و چهار گرم)، B_j : اثر فاکتور دوم (نانو اکسید مس در دو سطح صفر و ۱۵ میلی گرم)، $(AB)_{ij}$: اثر متقابل بین فاکتورهای اول و دوم و e_{ij} : اثر اشتباه آزمایش است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثرات استفاده از نانو اکسید مس و پری بیوتیک بر عملکرد رشدی گو ساله‌های شیرخوار در جدول ۲ نشان داده شده است. عامل نانو اکسید مس و اثر متقابل نانو اکسید مس و پری بیوتیک وزن

جدول ۱- جیره پایه و ترکیب شیمیایی جیره
Table 1- Basal diet and chemical composition of diet+

اقلام خوراکی Feed ingredients	ماده خشک (%) Dry matter (%)	ترکیبات شیمیایی Chemical composition	ماده خشک (%) Dry matter (%)
ذرت Corn	40.5	ماده خشک (درصدی از ماده خشک) Dry matter (%DM)	90.7
جو Barley	14.0	پروتئین خام (درصدی از ماده خشک) Crude protein (%DM)	19.8
سبوس گندم Wheat bran	4.0	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصدی از ماده خشک) ADF (%DM)	15.7
کنجاله سویا Soybean meal	38.6	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصدی از ماده خشک) NDF (%DM)	29.4
نمک Salt	0.4	عصاره اتری (درصدی از ماده خشک) EE (%DM)	2.2
پودر صدف Shelf powder	1.0	کلسیم (درصدی از ماده خشک) Calcium (%DM)	0.94
مخلوط معدنی ^۱ Mineral premix ¹	0.5	فسفر (درصدی از ماده خشک) Phosphor (%DM)	0.78
مخلوط ویتامینه ^۲ Vitamin premix ²	0.5	مس (میلی گرم در کیلوگرم) Copper (mg/kg)	20.0
سدیم بی‌کربنات Sodium bicarbonate	0.5	آهن (میلی گرم در کیلوگرم) Iron (mg/kg)	398.0

^۱مکمل‌های معدنی: کلسیم ۱۹۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ سدیم ۵۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ آهن ۳۰۰ میلی‌گرم؛ منگنز ۲۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم ۱ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدان ۴۰۰ میلی‌گرم.

^۲مکمل ویتامین: ویتامین A، ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم؛ ویتامین E، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم؛ ویتامین D3 ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم.
^۱Mineral supplements: Calcium 195,000 mg; Phosphorus 90,000 mg; Magnesium 90,000 mg; Sodium 55000 mg; Zinc 3000 mg Iron 300 mg; Manganese 2000 mg; Cobalt 100 mg; Selenium 1 mg; Antioxidant 400 mg.
^۲Vitamin supplement: Vitamin A, 500,000 IU/ kg; Vitamin E, 100 mg/ kg; Vitamin D3 100,000 IU/ kg.

تغییری در افزایش وزن روزانه ایجاد نکرد (Aliarabi et al., 2011). ماتولی و همکاران (Mattioli et al., 2018) با بررسی اثرات مس در گوساله‌های شیرخوار نشان دادند که تزریق مس نتوانست اثری بر وزن بدن گوساله‌ها داشته باشد. همچنین بهاری و همکاران (Bahari, 2012) در بره‌ها، لوگین بول و همکاران (Luginbuhl et al., 2000) در بزغاله‌های از شیر گرفته شده نشان دادند که استفاده از مس آلی و معدنی نتوانست تأثیری بر عملکرد رشد داشته باشد. با بررسی نتایج مطالعات متعدد نشان داده شده است که در صورت تأمین بودن نیاز دام، مکمل نمودن جیره با مس اضافی تأثیر چندانی بر عملکرد رشد نداشته و ممکن است استفاده بیش از حد نیز سبب اثرات منفی بر نیاز سایر مواد معدنی نظیر روی داشته باشد.

در رابطه با استفاده از مس در دام گزارش شده است که افزودن مکمل‌های آلی و معدنی مس تأثیری بر عملکرد رشد بره‌ها (Chashnidel et al., 2019; Aliarabi et al., 2011) و بزغاله‌های از شیر گرفته شده (Zhang et al., 2008) ندارد. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2008) با افزودن ۲۰ میلی‌گرم سولفات مس در کیلوگرم ماده خشک اثر مثبتی را در افزایش وزن روزانه بره‌ها مشاهده کرد. گارسیا دیاز و همکاران (Garcia-Diaz et al., 2017) گزارش کردند که استفاده از مس (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در گوساله‌های پروراری سبب بهبود عملکرد رشد گردید. در مقابل، گزارشاتی وجود دارد نشان می‌دهد که استفاده از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم منابع آلی مس به جیره پایه حاوی مقادیر کافی روی در بره‌ها

جدول ۲- اثرات پری بیوتیک و نانو اکسید مس بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 2- Effects of prebiotics and copper nano oxide on performance of Holstein calves

	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				میانگین خطای استاندارد	اثرات معنی‌داری P value		
	شاهد Control	پری بیوتیک PBC	نانو اکسید مس NCU	پری بیوتیک × نانو اکسید مس PBC & NCU	SEM	پری بیوتیک PBC	نانو اکسید مس NCU	پری بیوتیک × نانو اکسید مس PBC × NCU
وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)								
وزن تولد Birth weight	35.16	36.33	36.66	36.83	1.36	0.47	0.63	0.71
وزن پایان دوره End of period weight	64.66	67.50	67.66	67.98	1.30	0.41	0.48	0.15
مصرف خوراک (گرم در روز) Feed intake (g/d)								
۱-۱۵ روزگی 1-15 d	621.2	616.1	619.9	62.6	14.61	0.91	0.84	0.88
۱۶-۳۰ روزگی 16-30 d	940.1	929.0	950.9	948.3	47.07	0.75	0.88	0.92
۳۱-۴۵ روزگی 31-45 d	1288.8	1197.7	1267.3	1298.4	56.85	0.49	0.60	0.29
۱-۵۰ روزگی 1-50 d	1110.4	1112.5	1095.6	1176.1	59.91	0.64	0.43	0.45
افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Daily weight gain (g/d)								
۱-۱۵ روزگی 1-15 d	273.80	267.75	238.10	250.00	22.14	0.24	0.89	0.69
۱۶-۳۰ روزگی 16-30 d	455.55	483.31	422.21	477.78	54.38	0.72	0.45	0.80
۳۱-۴۵ روزگی 31-45 d	688.91	733.35	722.23	721.22	53.40	0.83	0.68	0.68
۱-۵۰ روزگی 1-50 d	583.33	623.32	626.65	596.66	25.28	0.74	0.84	0.18
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio								
۱-۱۵ روزگی 1-15 d	2.35	2.33	2.77	2.58	0.24	0.18	0.68	0.71
۱۶-۳۰ روزگی 16-30 d	2.17	2.30	2.48	2.01	0.36	0.98	0.65	0.41
۳۱-۴۵ روزگی 31-45 d	1.94	1.68	1.78	1.80	0.13	0.90	0.38	0.31
۱-۵۰ روزگی 1-50 d	1.92	1.79	1.76	1.96	0.09	0.96	0.73	0.10

Control: شاهد، PBC: پری بیوتیک، NCU: نانو اکسید مس

عملکرد رشد استخوانی

نتایج مربوط به اثرات استفاده از پری بیوتیک و نانو اکسید مس بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار در جدول ۳ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مکمل کردن نانو اکسید مس و پری بیوتیک در جیره گوساله‌های شیرخوار نتوانست اثر معنی‌داری بر

طول بدن، دور سینه و ارتفاع از جدوگاه در کل دوره پرورشی داشته باشد. هنریخ و همکاران (Heinrichs et al., 2003) نشان دادند که افزودن مانان الیگوساکاریدها در جیره گوساله‌های شیرخوار تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای دور سینه، قد، طول و عرض لگن نداشته است. بهاری (Bahari, 2012) با بررسی اثرات پری بیوتیک در جیره

نکرد (Quezada-Mendoza *et al.*, 2011). دیدارخواه و وطن دوست (Didarkhah and Vatandoost, 2012) با بررسی اثرات پری‌بیوتیک و پروبیوتیک بر رشد اسکلتی بره‌ها نشان دادند که استفاده از پری‌بیوتیک سبب افزایش دور سینه شد، در حالی که تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع از جدوگاه، طول بدن و فاصله بین هیپ و بین ایجاد نکرد. انتظار می‌رفت، مصرف پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس با کاهش تنش‌های ناشی از شیرگیری و استقرار جمعیت میکروبی مناسب در روده به کاهش بیماری‌ها و بهبود وضعیت سلامت و عملکرد رشد گوساله تأثیر مثبتی بگذارد، اما با توجه به کم تأثیر بودن پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس بر عملکرد رشد، مشابه بودن رشد اسکلتی در گروه‌های مختلف قابل پیش‌بینی به نظر می‌رسد.

بره‌ها نشان داد که استفاده از پری‌بیوتیک نتوانست اثری بر طول بدن، ارتفاع از جدوگاه، عمق قفسه سینه، طول کپل و عرض کپل داشته باشد. در مطالعه‌ای، عظیم زاده و همکاران (Azimzadeh *et al.*, 2016) گزارش کردند که استفاده از سینبیوتیک در جیره گوساله‌ها اثر معنی‌داری بر رشد اسکلتی نداشت. همچنین اعظمی و همکاران (Azami *et al.*, 2017) نشان دادند، مکمل کردن جیره گوساله‌های شیرخوار با پری‌بیوتیک اینولین نتوانست تأثیری بر طول بدن، ارتفاع از جدوگاه و دور سینه داشته باشد که موافق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. در تحقیق دیگری، استفاده از پری‌بیوتیک تجاری در جایگزین شیر گوساله‌های شیرخوار اختلاف معنی‌داری را در ارتفاع هیپ، ارتفاع جدوگاه و محیط سینه در مقایسه با گروه شاهد ایجاد

جدول ۳- اثرات پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 3- Effects of prebiotics and copper nanoxide on growth skeleton of Holstein calves

	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				میانگین خطای استاندارد	اثرات معنی‌داری P value		
	شاهد Control	پری‌بیوتیک PBC	نانو اکسید مس NCU	پری‌بیوتیک × نانو اکسید مس PBC & NCU	SEM	پری‌بیوتیک PBC	نانو اکسید مس NCU	پری‌بیوتیک × نانو اکسید مس PBC × NCU
کلیول سفید (هزار در میکرولیتر) White blood cell (1000/ μ l)								
کلیول قرمز (میلیون در میکرولیتر) Red Blood Cell (1000000/ μ l)	87.60	85.40	88.20	85.00	0.88	0.94	0.41	0.12
هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر) Hemoglobin (g/dl)	94.66	93.16	93.17	93.14	1.32	0.10	0.11	0.10
هماتوکریت (درصد) Hematocrit (%)								
حجم متوسط گلبول‌های قرمز خون (فمتولیت) Mean corpuscular volume (fl)	65.20	64.80	63.20	63.60	0.42	0.31	0.65	0.77
متوسط هموگلوبین گلبول (پیکوگرم) Mean corpuscular hemoglobin (pg)	78.16	76.83	75.66	74.66	1.36	0.40	0.10	0.90
نوتروفیل (هزار در میکرولیتر) Neutrophil (1000/ μ l)								
لنفوسیت (هزار در میکرولیتر) Lymphocyte (1000/ μ l)	80.20	77.40	79.80	79.20	0.71	0.65	0.78	0.88
کلیول سفید (هزار در میکرولیتر) White blood cell (1000/ μ l)	92.50	89.00	89.16	90.83	2.03	0.65	0.71	0.21

Control: شاهد، PBC: پری‌بیوتیک، NCU: نانو اکسید مس

مس و پری‌بیوتیک در صد نوتروفیل را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند ($P < 0.05$). همچنین میزان لنفوسیت تو سط عامل پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس تمایل به معنی‌داری بود. در گوساله‌ها، در روزهای بعد از تولد، در صد نوتروفیل بیشتر از لنفوسیت‌ها است و گوساله‌های تازه متولد شده حیات خود را با لنفوسیت کمتر نسبت به نوتروفیل آغاز می‌کنند، اما از هفته دوم بعد از تولد، تعداد لنفوسیت‌ها افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که نسبت بین نوتروفیل و لنفوسیت در گوساله به ۰/۵

شمارش سلول‌های خونی

نتایج مربوط به اثرات نانو اکسید مس و پری‌بیوتیک بر شمارش سلول‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عامل پری‌بیوتیک، نانو اکسید مس و عامل متقابل پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس نتوانست اثر معنی‌داری بر درصد گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز، لنفوسیت، هموگلوبین و هماتوکرین داشته باشد. اما در مقابل، عامل نانو اکسید

استفاده از نانو اکسید مس به کمترین مقدار در مقایسه با گروه شاهد رسید که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. گزارش شده است که استفاده از چهار گرم مانان الیگوساکارید تأثیر معنی داری را بر مقدار لکوسیت‌های گو ساله‌ها ایجاد نکرد، اما میزان هموگلوبین را نسبت به گروه شاهد افزایش داد (Masanetz, 2011). دار و همکاران (Dar et al., 2017) با برر سی اثرات یک گرم پروبیوتیک (لاکتوبا سیلوس اسیدوفیلوس)، ۴ گرم پری بیوتیک (مانان الیگوساکارید) و ۲/۵ گرم سین بیوتیک (۰/۵ گرم لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس + ۲ گرم مانان الیگو ساکارید) در گو ساله‌ها نشان دادند که استفاده از این افزودنی‌ها سبب افزایش هموگلوبولین نسبت به گروه شاهد می‌شود. در گزارش دیگری عبدالفتاح و فرار (Abdel-Fattah and Fararh, 2009) نشان دادند که استفاده از یک گرم پری بیوتیک (زیست‌توده) و ۰/۵ گرم پروبیوتیک (لاتیک درای) سبب افزایش میزان هموگلوبین می‌شود. رودپشتی و دبیری (Roodposhti and Dabiri, 2012) گزارش کردند که استفاده از یک گرم پری بیوتیک (پلی ساکاریدهای دیواره سولی ساکارومایسس سرویسیه) در گوساله‌های شیرخوار اثر معنی داری بر مقدار لنفوسیت، مونوسیت و نوتروفیل ایجاد نکرد. در آزمایش دیگر گزارش شد که میزان لنفوسیت‌ها، لکوسیت و نوتروفیل‌ها با مکمل کردن سینیبیوتیک (ترکیب فروکتوالیگوساکارید و لاکتوباسیلوس) تمایل به افزایش از خود نشان می‌دهند (Heinrichs et al., 2003).

می‌رسد. هرچند با افزایش سن، مقادیر لنفوسیت و نوتروفیل کمتر می‌شود، ولی همچنان در صد لنفوسیت‌ها از نوتروفیل بیشتر می‌باشد (Schalm et al., 1975). هژبری و همکاران (Hozhabri et al., 2018) گزارش کردند که نسبت نوتروفیل و لنفوسیت تحت تأثیر مکمل نانو اکسید مس قرار دارد. همچنین در این آزمایش نانو اکسید مس درصد هماتوکریت را نتوانست به طور معنی داری تغییر دهد. در مطالعه‌ای گزارش کردند که استفاده از مکمل آلی و معدنی مس بر درصد هماتوکریت تأثیری نداشت (Chashnidel et al., 2019). ذرفولیان و همکاران (Dezfoulian et al., 2012) با بررسی پروتئینات مس و سولفات مس در گو سفندان نشان دادند که اختلاف معنی داری در میزان هماتوکریت و هموگلوبین مشاهده نشد. این محققین بیان کردند که با افزایش سطح مس از ۱۰ به ۲۰ (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)، میزان هماتوکریت و هموگلوبین تمایل به افزایش داشت. گزارش شده است که مسمومیت با مس موجب کم خونی همولیتیک و کاهش مقادیر فراسنجه‌هایی همچون هماتوکریت، گلبول‌های قرمز و هموگلوبین می‌شود (Egbe-Nwiyi et al., 2000). هژبری و همکاران (Hozhabri et al., 2018) گزارش کردند که استفاده از نانو اکسید مس و لیزین-مس در بره‌های نرسنجایی سبب کاهش میزان نوتروفیل نسبت به دو گروه شاهد و لیزین-مس می‌شود. همچنین این محققین اظهار داشتند که میزان لنفوسیت با

جدول ۴- اثرات پری بیوتیک و نانو اکسید مس بر شمارش سلول‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 4- Effects of prebiotics and copper nanoxide on blood cell count of Holstein calves

	تیمارهای آزمایشی				میانگین خطای استاندارد		اثرات معنی داری	
	Experimental treatments				SEM		P value	
	شاهد	پری بیوتیک	نانو اکسید مس	پری بیوتیک × نانو اکسید مس		نانو اکسید مس	پری بیوتیک × نانو اکسید مس	
	Control	PBC	NCU	PBC & NCU		PBC	NCU	PBC × NCU
گلبول سفید White blood cell (1000/μl)	8.32	8.48	9.51	10.36	1.79	0.68	0.21	0.74
گلبول قرمز Red Blood Cell (1000000/μl)	6.58	6.25	6.27	6.19	0.76	0.33	0.32	0.32
هموگلوبین Hemoglobin (g/dl)	8.40	8.19	7.62	8.00	0.81	0.90	0.21	0.32
هماتوکریت Hematocrit (%)	28.12	26.68	25.26	26.36	2.88	0.87	0.25	0.28
حجم متوسط گلبول‌های قرمز خون Mean corpuscular volume (fl)	42.11	42.6	40.5	42.5	4.39	0.49	0.61	0.68
متوسط هموگلوبین گلبول Mean corpuscular hemoglobin (pg)	13.00	13.28	12.3	13.00	1.18	0.36	0.34	0.32
نوتروفیل Neutrophil (1000/μl)	0.50	0.53	0.47	0.60	0.04	0.09	0.66	0.01
لنفوسیت Lymphocyte (1000/μl)	0.62	0.65	0.58	0.62	0.04	0.54	0.37	0.09

Control: شاهد، PBC: پری بیوتیک، NCU: نانو اکسید مس

نتیجه‌گیری کلی

با بررسی اثرات نانو اکسید مس و پری‌بیوتیک بر عملکرد رشد و شمارش سلول‌های خونی نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از نانو اکسید مس و پری‌بیوتیک نتوانست سبب بهبود عملکرد رشد (مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی) و رشد اسکلتی

(دوره سینه، ارتفاع از جدوگاه و طول بدن) گوساله‌های شیرخوار هلشتاین شود. همچنین عامل نانو اکسید مس و پری‌بیوتیک و اثر متقابل آن‌ها تأثیری معنی‌داری بر گلبول‌های سفید، قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت و لنفوسیت ایجاد نکرد. در حالی که عامل پری‌بیوتیک و نانو اکسید مس سبب افزایش میزان نوتروفیل در گوساله‌های شیرخوار شد.

References

1. Azami, M. H., Tahmasbi, A. M., Valikhani, A., & Naserian, A. A. (2017). Evaluation of performance, blood parameters and microbial population of feces in suckling Holstein calves fed with supplemented milk by inulin prebiotic. *Journal of Ruminant Research*, 5, 111-130. (In Persian). DOI: 10.22069/ejrr.2017.12284.1505.
2. Abdel-Fattah, F. A., & Fararh, K. M. (2009). Effect of dietary supplementation of probiotic, prebiotic and synbiotic on performance, carcass characteristics, blood picture and some biochemical parameters in broiler chickens. *Benha Veterinary Medical Journal*, 20, 9-23.
3. Aliarabi, H., Tabatabaee, M. M., Fadayifar, A., Torkashvan, S., Bahari, A. A., Zamani, P., Alipour, D., & Dezfoulian, A. H. (2011). The effect of addition of organic zinc supplementation with and or without Cu on performance plasma minerals profile and some enzyme activity in male Mehraban lambs. *Journal of Animal Science Researches*, 21, 111-121. (In Persian)
4. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M. R., & Castellano, V. (2012). Regulatory aspects for the drugs and chemicals used in food-producing animals in the European Union. In *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles*, (Second Edition), 135-155. DOI:10.1016/B978-0-12-385926-6.00010-7.
5. Aquaculture Research Council. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Agricultural Research Council Commonwealth Agricultural Bureau, CAB International Slough.
6. Azimzadeh, V., Asadi Alamoti, A., Khadem, A. A., Bagheri Varzaneh, M., & Moradi, J. M. (2016). Effects of supplementation of a symbiotic product on growth performance and health of Holstein calves. *Research on Animal Production*, 12, 105-114. (In Persian)
7. Bahari, A. (2012). The effect of level and kind of Cu supplementation on hematology parameters, ceruloplasmin and plasma concentration of Cu, Zn and Fe in male Mehraban lambs. *Iranian Journal of Animal Science*, 43, 161-174. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijas.2012.28525>.
8. Ballou, M. A. (2011). Case study: Effects of a blend of prebiotics, probiotics, and hyperimmune dried egg protein on the performance, health, and innate immune responses of Holstein calves. *The Professional Animal Scientist*, 27, 262-268.
9. Chashnidel, Y., Bahari, M., Teimouri Yansari, A., & Kazemifard, M. (2019). The effects of different levels of prebiotic and peptide supplementations on growth performance, apparent digestibility nutrients and fecal score in suckling Zell lambs. *Research on Animal Production*, 10, 53-64. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/rap.10.23.53>.
10. Creech, B. L., Spears, J. W., Flowers, W. L., Hill, G. M., Lloyd, K. E., Armstrong, T. A., & Engle, T. E. (2004). Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *Journal of Animal Science*, 82, 2140-2147. <https://doi.org/10.2527/2004.8272140x>.
11. Dann, H., Drackley, J., McCoy, G., Hutjens, M., & Garrett, J. (2000). Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 83, 123-127. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74863-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74863-6).
12. Dar, A., Singh, S. K., Palod, J., Al Ain, K., Kumar, N., Khadda, B., & Farooq, F. (2017). Effect of probiotic, prebiotic and synbiotic on hematological parameters of crossbred calves. *International Journal of Livestock Research*, 7(4), 127-136. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20170312053224>.
13. Deka, R. S. (2009). Effect of probiotic Biobloom as growth promoter in kids. *Indian Veterinary*, 86(11), 1192-1193.
14. Dezfoulian, A. H., Aliarabi, H., Tabatabaee, M. M., Zamani, P., Alipour, D., Bahari, A., & Fadayifar, A. (2012). Influence of different levels and sources of copper supplementation on performance, some blood parameters, nutrient digestibility and mineral balance in lambs. *Livestock Science*, 147, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.011>.
15. Didarkhah, M., & Vatandoost, M. (2012). The effect of probiotic and prebiotic supplements on growth performance, blood parameters and skeletal growth of Baluchi male lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 12(4), 411-422. (In Persian). DOI:10.22067/ijasr.v12i4.75166.
16. Egbe-Nwiyi, T. N., Nwaosu, S. C., & Salami, H. A. (2000). Haematological values of apparently healthy sheep and goats as influenced by age and sex in arid zone of Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*, 3, 109-115.
17. Formigoni, A., Fustini, M., Archetti, L., Emanuele, S., Charles Sniffen, C., & Biagia, G. (2011). Effects of an

- organic source of copper, manganese and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility. *Animal Feed Science and Technology*, 164, 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.01.010>.
18. Francisco, H. S., Facundo, R. J., Diana, C. C. P., Fideal, M. G., Alberto, E. M., Amaury, D. J. P. G., Humberto, T. P., & Gabriel, M. C. (2008). The antimicrobial sensitivity of streptococcus mutans to nanoparticles of silver, zinc oxide and gold. *Nanomedicine Nanotechnology Biology and Medicine*, 4, 237-240. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2008.04.005>.
 19. Garcia-Diaz J., Noval-Artiles, E., Perez-Bello, A., Hernández-Barreto, M., Perez-Gonzalez, Y. (2017). Effects of copper parenteral supplementation on the weight gain in fattening bulls. *Revista MVZ Córdoba*, 22(2), 5821-5828.
 20. Ghosh, S., & Mehla, R. K. (2012). Influence of dietary supplementation of prebiotics (mannan-oligosaccharide) on the performance of crossbred calves. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 617-622. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9944-8>.
 21. Gonzales-Eguia, A., Chao-Ming, F., Fu-Yin, L., & Tu-Fa, L. (2009). Effects of nano-copper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets. *Journal of Livestock Science*, 126, 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.009>.
 22. Heinrichs, A. J., Jones, M., & Heinrichs, B. S. (2003). Effects of mannan-oligosaccharide or antibiotic in neonatal diets on health and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 86, 4064-4069. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74018-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74018-1).
 23. Hozhabri, F., M. Darabi, & M. M. Moeini. 2018. Assessing the various copper supplements effect on performance, some blood parameters and humoral immune response of male Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research*, 6, 101-116. (In Persian). DOI:10.22069/ejrr.2018.14682.1620.
 24. Iqbal, R., & Malik, F. (2012). The study of histopathological changes upon exposure to vinegerized copper sulphate in liver and kidney of broiler chick. *Middle East Journal of Scientific Research*, 12(1), 36-41.
 25. Ley, R. E., Peterson, D. A., & Gordon, J. I. (2006). Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 124, 837-848. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.02.017>.
 26. Li, B., Hwang, J. Y., Drelich, J., Popko, D., & Bagley, S. 2010. Physical, chemical and antimicrobial characterization of copper-bearing material. *Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, 62, 80-85. <https://doi.org/10.1007/s11837-010-0187-3>.
 27. Luginbuhl, J. M., Poore, M. H., Spears, J. W., & Brown, T. T. (2000). Effect of dietary copper level on performance and copper status of growing meat goats. *Sheep and Goat Research Journal*, 16, 65-71.
 28. Masanetz, S. (2011). Impact of prebiotic substances on gut health of livestock animals: Inulin, lactulose and Pinus massoniana pollen (Doctoral dissertation, München, Techn. Univ., Diss., 2011).
 29. Mattioli, G. A., Diana, E. R., Turic, E., Enrique, A., Galarza, E., & Emilio, L. (2018). Effects of copper and zinc supplementation on weight gain and hematological parameters in pre-weaning calves. *Biological Trace Element Research*, 185, 327–331. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1239-0>.
 30. McDowell, L. R. (2003). Minerals in Animal and Human Nutrition, Second Edition. Elsevier, Amsterdam
 31. Monchios, V., Willemot, R. L., & Monsan, P. (1999). Glucansucrases: Mechanism of action and structure-function relationships. *FEMS Microbiology Reviews*. Apr; 23(2), 131-51. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1999.tb00394.x>.
 32. Moslemipur, F., Moslemipur, F., & Mostafalo, Y. (2014). Effects of using probiotic and synbiotic in colostrum and milk on passive immunoglobulin transfer rate, growth and health parameters of calf. *Journal of Ruminant Research*, 4, 19-30. (In Persian).
 33. National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. Natl. Acad. Sci Washington DC.
 34. National Research Council. (2000). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
 35. Patterson J. A., & Burkholder, K. M. (2003). Prebiotic feed additives: Rationale and use in pigs. *Proceedings of the 9th International Symposium on Digestive Physiology in pigs, Banff, Alberta, Canada*. 319-31.
 36. Quezada-Mendoza, V., Heinrichs, A., & Jones, C. (2011). The effects of a prebiotic supplement (Prebio Support) on fecal and salivary IgA in neonatal dairy calves. *Journal of Livestock Science*, 142, 222-228. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.07.015>.
 37. Ramezani, M., Seifdavati, J., Seifzadeh, S., Abdibenemar, H., & Razmazar, V. (2018). The effects of conjugated linoleic acid and vitamin C on growth performance, some blood metabolites and blood cell counts of Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research*, 6, 101-116. DOI:10.22069/ejrr.2018.14986.1634.
 38. Roodposhti, P. M., & Dabiri, N. (2012). Effects of probiotic and prebiotic on average daily gain, fecal shedding of Escherichia Coli, and immune system status in newborn female calves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25, 1255-1261. DOI:10.5713/ajas.2011.11312.
 39. Schalm, O.W., Jain, N. C., & Carroll, E. J. (1975). Veterinary Hematology, 3rd ed., Philadelphia, pp, 487-556.
 40. Solaiman, S. G., Shoemaker, C. E., & D'Andrea, G. H. (2006). The effect of high dietary Cu on health, growth performance, and Cu status in young goats. *Small Ruminant Research*, 66, 85-91.

- <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.024>.
41. Suttle, N. (2010). Mineral nutrition of livestock 4th Edition pp,426-4588. Midlothian Eh26
 42. Swanson, K., Grieshop, C., Flickinger, E., Healy, H. P., Dawson, K. A., Merchen, N. R., Merchen, N. R., & Fahey Jr, G. C. (2002). Effects of supplemental fructooligosaccharides plus mannanoligosaccharides on immune function and ileal and fecal microbial populations in adult dogs. *Archives of Animal Nutrition*, 56, 309-318. <https://doi.org/10.1080/00039420214344>.
 43. Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999). The mineral nutrition of livestock. 3rd edition. CABI Publishing Company. New York.
 44. Zhang, W., Wang, R., Kleemann, D. O., Lu, D., Zhu, X., Zhang, C., & Jia, Z. (2008). Effects of dietary copper on nutrient digestibility, growth performance and plasma copper status in Cashmere goats. *Small Ruminant Research*, 74, 188-193. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.06.010>



Effect of Short-Term Supplementation of N-3 PUFA on the Acute Phase Response of Holstein Calves

Saeid Kamel Oroumieh^{1,2}, Reza Valizadeh³, Abbas Ali Naserian^{3*}

Received: 14-04-2021

Revised: 22-12-2021

Accepted: 15-01-2022

Available Online: 15-01-2022

How to cite this article:

Kamel Oroumieh, S., Valizadeh, R., & Naserian, A.A. (2023). Effect of short-term supplementation of N-3 PUFA on the acute phase response of holstein calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4),471-486.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.69822.1016](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.69822.1016)

Introduction To date, there is not any accurate estimation of calf mortality in the world; however, annual pre-weaning calves' mortality was estimated to be around 7.8, 6.5, 5.5, and 2.6% in the United States, Iran, China, and Sweden, respectively. Raboisson et al. (2013) represented that most neonatal calf mortality happens at age under one month. Hill et al. (2011) reported that nutritional factors could modulate the calf immune system's functions. Studies on non-ruminants confirm that the consumption of polyunsaturated fatty acids (PUFA) relating to the n-3 FA can affect the immune response. In calves' nutrition, using PUFA in milk or milk replacer (MR) had a pleasant effect on immune responses and antioxidant status. Supplementation n-3 FA, especially EPA and DHA, would increase the proportion of PUFA in the membrane phospholipids, which might change the performance of the immune system. The n-3 PUFA plays a critical role in influencing the immune system through various mechanisms described in detail by Calder (2012). Previous studies showed that adding n-3 PUFA to milk or MR decreases the symptoms of diarrhea and inflammatory diseases caused by viral or bacterial infections. So far, there are not enough reports regarding dietary n-3 PUFA on the APR in neonatal calves. Nevertheless, most research regarding FO supplementation and its anti-inflammatory effects on neonatal calves' health has been done on long-term consumption. As earlier mentioned, most calf mortality occurs at the first 30 days of age; consequently, long-term (more than one month) consumption of FO might not provide clear evidence to evaluate the anti-inflammatory effect of FO on the status of neonatal calves' health. Therefore, the purpose of this study was the first evaluation of short-term supplementation of n-3 PUFA on the APR of neonatal calves.

Materials and Methods Twenty-four bull calves, with a mean age of 34.5 ± 3.7 days, were housed outdoors in individual pens bedded with wheat straw at the dairy farm facilities of Astan Quds Razavi Animal Husbandry and Agriculture Co. (Mashhad, Iran) in February 2019. The criteria for calf selection were, namely, the type of calf delivery (without any difficulty) and no history of disease or diarrhea. To achieve a quantitative similarity between calves, we used age and body weight as further criteria. The experiment's duration was 11 days (a week before LPS challenge and three days after LPS challenge) with an adaptation period (seven days). After the adaptation period, calves were weighed (57.5 ± 4.4 kg) and randomly assigned to 1 of 4 groups (six calves/group). Randomized calves received treatments during the study period according to the group they were already allocated: 1. negative control group (NC), 2. Positive control group (LPS challenge, PC), 3. Tallow 350 mg/kg BW group + LPS (TA), 4. Fish oil 350 mg/kg BW group + LPS (FO). All calves were fed the same diet, 5 L/d of whole milk, and had free access to freshwater during the experiment. The PC, FO, and TA groups were

- 1- Ph.D. Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- 2- Laboratory of Chemical Analysis, Department of Veterinary Public Health and Food Safety, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisburylaan 133, 9820, Merelbeke, Belgium.
- 3- Professor of Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author Email: Naserian@um.ac.ir

intravenously challenged with 0.5 µg/kg BW ultrapure LPS from *E. coli* serotype O111:B4 (Sigma–Aldrich: registered; product NO. L2630) on day eight. Treatments FO and TA were mixed with whole milk and were offered two times a day (at 0800 and 1700). FO and TA groups were isocaloric to compare the effect of manipulating fatty acid intake in the same level of energy intake on the APR of neonatal calves. The blood samples were collected at 1, 2, 3, 4, 6, 12, 24, 48, 72 h, post LPS challenge (p.c.) to evaluate inflammatory condition. The clinical signs (RT, RR, and HR) were recorded at 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 h p.c. According to Plessers et al.'s (2015) model, the appearance of behavioral phases (respiratory, depression, and recovery phase) was assessed. Data were analyzed as a completely randomized design by using JMP (13.2) software.

Results and Discussion The results of this study confirm previous experiments that showed a significant increase of cytokines level by the LPS administration (26, 29). As expected, the IL-6 increased when the TNF-α decreased (Maximal level at 3 and 1 h p.c., respectively). There was no significant difference in cytokines and APPs between PC, FO, and TA, while the FO had the minimum level. The typical sickness behavior of LPS-challenged calves was distinguished as respiratory, depression, and recovery phases according to Plessers et al.'s (2015) model. In this study, there was no significant effect of decreasing n-6/n-3 FA ratio on sickness behavior. Besides, the level of inflammatory cytokines and acute-phase proteins were not affected by experimental groups. These results were in line with McDonnell et al., (2019) reported no FO effect on immune function during the pre-weaning period. Although the level of DHA + EPA requirement for calves has not been well known, studies represented that their highest level in humans is 5 g/d. Stanley et al. (2007) concluded that the n-6/n-3 FA ratio might not be a helpful concept and distracts attention from increasing absolute intakes of long-chain n-3 FA. In this regard, Flaga et al. (2019) represented that DHA-rich algae supplementation in milk replacer could decrease cytokines' mRNA expression. They suggested that 3 g/d DHA might be the maximum level in neonatal calves' diet with an appropriate effect on the immune system. In the current study, NC, PC, and TA received 2 mg/d, and FO received 3 g/d DHA. It might be worthwhile considering the amount of DHA + EPA when FO is used as an n-3 PUFA source in calves' diet.

Conclusion The results showed that decreasing the n6/n3 FA ratio in diets by supplementing FO could not affect acute phase response in calves. Besides, short-term supplementation of FO could not improve calves' immune systems as no differences in cytokines and APP between PC and FO were observed. Although sickness behavior in FO finished sooner than PC, there was no significant difference between them. In this study, increasing MUFA intake could not affect APR in calve. It seems that more studies are needed to evaluate the effect of EPA and DHA on the performance and health status of calves.

Key Words: Calf, Fatty acids, Fish oil, Inflammation, Lipopolysaccharide, Tallow

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۴۸۶-۴۷۱

بررسی اثر مصرف کوتاه‌مدت اسیدهای چرب n-3 دارای چند پیوند دوگانه بر پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

سعید کامل ارومیه^۱، رضا ولی زاده^۲، عباسعلی ناصریان^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵

چکیده

هدف از این مطالعه، تعیین اثرات مصرف کوتاه‌مدت اسیدهای چرب n-3 با منشأ روغن ماهی بر پاسخ به فاز حاد القا شده از طریق چالش لیپوپولی‌ساکارید در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بود. تعداد ۲۴ رأس گوساله نر هلشتاین با میانگین سن $37/7 \pm 34/5$ روز به‌طور کاملاً تصادفی به چهار گروه زیر تقسیم شدند: (۱) گروه شاهد منفی (عدم تزریق لیپوپولی‌ساکارید بدون دریافت مکمل‌های خوراکی، NC)، (۲) گروه شاهد مثبت (تزریق لیپوپولی‌ساکارید بدون دریافت مکمل‌های خوراکی، PC)، (۳) گروه چربی پیه، ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن + تزریق لیپوپولی‌ساکارید (TA)، (۴) گروه روغن ماهی، ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن + تزریق لیپوپولی‌ساکارید (FO). در طول دوره آزمایش گوساله‌ها با جیره خوراکی یکسان و پنج لیتر شیر پاستوریزه در روز تغذیه شدند. طول دوره آزمایش ۱۱ روز به‌علاوه یک دوره هفت‌روزه عادت‌پذیری بود. در روز هشتم آزمایش گروه‌های PC، TA و FO به‌صورت تزریق وریدی ۰/۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن لیپوپولی‌ساکارید دریافت کردند. جهت ارزیابی شرایط التهاب، در طی بازه‌های زمانی پیاپی پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید خون‌گیری و دمای رکتوم، نرخ تنفس و ضربان قلب اندازه‌گیری شد. به‌دنبال آن، غلظت پلاسمایی سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی نمی‌تواند منجر به مهار تولید سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد در پاسخ به تزریق لیپوپولی‌ساکارید شود. همچنین، مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی تأثیر معنی‌داری بر فازهای رفتاری در گوساله‌های تحت چالش لیپوپولی‌ساکارید نداشت هر چند منجر به پایان سریع‌تر فاز افسردگی و ریکاوری شد. بنابراین، این آزمایش نشان داد مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی در راستای کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6 به n-3 در جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار تأثیری بر پاسخ فاز حاد در آن‌ها ندارد.

واژه‌های کلیدی: التهاب، چربی پیه، روغن ماهی، گوساله، لیپوپولی‌ساکارید

مقدمه

پرورش گاوهای شیرده می‌شود و چالش بزرگ این صنعت می‌باشد. تا امروز تخمین دقیقی از نرخ مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار در جهان وجود ندارد، با این حال این شاخص در کشورهای آمریکا، ایران، چین، و سوئد به‌ترتیب ۷/۸، ۶/۵، ۵/۵، و ۲/۶ درصد در سال تخمین زده شده است (Zhang et al., 2019; Olsson et al., 1993; Azizzadeh et al., 2012). بیشترین مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار در سن کمتر از سی‌روزگی گزارش شده است، به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۳ میلادی نرخ مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار با سن کمتر از سی روز در مزارع فرانسه در حدود ۵/۷ درصد در سال گزارش شده است (Raboisson et al., 2013). در راستای کاهش مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار هیل و همکاران (Hill et al., 2011) گزارش کردند می‌توان با افزایش کیفیت جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار،

نرخ مرگ‌ومیر گوساله‌های تازه متولد شده به‌عنوان یک شاخص تعیین‌کننده سطح سلامت در گله‌های گاو شیری شناخته می‌شود (Ortiz-Pelaez et al., 2008). هر ساله مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار منجر به ضرر و زیان اقتصادی قابل توجهی در صنعت

۱- فارغ التحصیل دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲- گروه بهداشت عمومی و امنیت غذایی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه گنت بلژیک.

۳- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

(Email: Naserian@um.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

متقابلاً تحریک رها سازی سایتوکین‌های ثانویه همچون اینترلوکین شش (IL-6) منجر به ایجاد آشبار پاسخ فاز حاد و افزایش قابل توجهی در سطوح پلاسمایی این سایتوکین‌ها می‌شوند. TNF- α ، اینترلوکین یک (IL-1) و IL-6 در تنظیم واکنش‌های وابسته به تب و تنظیم دمای بدن نقش دارند و منجر به بروز تب می‌شوند (Wyns, 2014). به علاوه، پیرو تحریک سایتوکین‌ها، سنتز پروتئین‌های کبدی تحت تأثیر قرار گرفته که این عامل منجر به افزایش و یا کاهش غلظت قابل توجهی از پروتئین‌های فاز حاد در پلازما می‌شود (Gruys et al., 2004; Wyns, Baumann and Gaudie, 1994); 2014).

علی‌رغم تأثیر به‌سزای لیپولی ساکارید بر بروز بیماری و پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار، تا امروز مطالعات کمی در زمینه بررسی اثرات ترکیبات طبیعی ضد التهاب همچون منابع اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه n-3 تحت چالش لیپولی ساکارید در گوساله‌های شیرخوار وجود دارد. در این راستا، کارچر و همکاران (Karcher et al., 2014) نشان دادند، مکمل کردن روغن ماهی به‌میزان دو درصد جیره در شیر منجر به کاهش بیان ژن سایتوکین‌های پیش التهابی شده و تمایل به کاهش پاسخ تب در گوساله‌های تحت چالش واکسیناسیون *Pasteurella* شده است. بالو و همکاران (Ballou et al., 2008) با افزودن دو درصد روغن ماهی (به‌طور سرک) به شیر گوساله‌های شیرخوار نژاد جرزی، نشان دادند روغن ماهی می‌تواند علائم کلینیکی و برخی متابولیت‌های بیوشیمیایی مؤثر در پاسخ فاز حاد را بهبود بخشد. در این راستا، مکمل کردن روغن ماهی در جیره خوراکی جوندگان منجر به کاهش تولید سایتوکین‌های پیش التهابی و کاهش غلظت باز چرخه TNF- α ، IL-1 β ، و IL-6 در سیتوپلاسم تحت شرایط چالش اندوتوکسین شد (Sadeghi et al., 1999; Billiar et al., 1988). لیو و همکاران (Liu et al., 2003) با اضافه کردن روغن ماهی به جیره خوک‌ها تمایل به کاهش تولید سایتوکین‌های پیش التهابی تحت چالش لیپولی ساکارید را نشان دادند. با این حال، در آزمایشات دیگر، اضافه کردن PUFA n-3 به جیره خوراکی نتوانسته است تأثیری بر سطح پلاسمایی سایتوکین‌های التهابی در انسان داشته باشد (Thies et al., 2003; Wallace et al., 2003). در این راستا، کالدِر (Calder, 2013) نشان داده است مکمل شدن کمتر از دو گرم در روز از EPA + DHA احتمالاً سطح ناکافی برای دریافت اثرات ضد التهابی روغن ماهی باشد.

اگر چه شواهدی مبنی بر اثرات ضد التهابی مصرف کوتاه‌مدت منابع دریایی PUFA n-3 بر پاسخ ایمنی وجود دارد (Bjørkkjær et al., 2004; Brunborg et al., 2008; Madland et al., 2006). با این حال، اغلب مطالعات مرتبط با مکمل کردن روغن ماهی در جیره خوراکی گوساله‌های شیرخوار در بازه زمانی بلندمدت انجام شده است.

عملکرد سیستم ایمنی آن‌ها را بهبود بخشید. مطالعات با حیوانات غیرنشخوارکننده نشان داده است، مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه (Polyunsaturated fatty acids; PUFA) بر پاسخ سیستم ایمنی مؤثر بوده است (Bjørkkjær et al., 2004; Brunborg et al., 2008; Calder, 2013). استفاده از PUFA در شیر و یا جایگزین شیر اثرات مثبتی بر پاسخ ایمنی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی در گوساله‌های شیرخوار داشته است (Garcia et al., 2006; Hill et al., 2011; Karcher et al., 2014). مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع n-3 به‌ویژه ایکوزاپنتانویک اسید (Eicosapentaenoic acid) و دکوزاهگزانوئیک اسید (Docosahexaenoic acid) می‌توانند منجر به افزایش نسبت PUFA در فسفولیپیدهای غشای سلولی شوند که نتیجه آن تغییر عملکرد سیستم ایمنی خواهد بود (Calder, 2012). اسیدهای چرب غیر اشباع n-3 از طریق مکانیسم‌های متنوعی بر سیستم ایمنی تأثیر گذاشته و منجر به بهبود عملکرد آن می‌شوند، جزئیات مکانیسم‌های تحت تأثیر این اسیدهای چرب توسط کالدِر بررسی و گزارش شده است (Calder, 2012). مطالعات گذشته نشان داده است، مکمل کردن اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه n-3 (n-3 PUFA) در شیر گوساله‌ها منجر به کاهش عارضه اسهال و بیماری‌های التهابی ناشی از ویروس‌ها و باکتری‌های عفونت‌زا می‌شود (Hill et al., 2011; Karcher et al., Ballou et al., 2008); 2014). با این حال، اطلاعات زیادی در رابطه با اثرات n-3 PUFA بر پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار وجود ندارد (Ballou et al., 2008; Karcher et al., 2014).

لیپولی ساکارید به‌عنوان ماده اصلی تشکیل‌دهنده غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی شناخته شده است (Plessers et al., 2015); 1999 (Ulevitch et al.). در بیماری‌های گوساله‌ها، لیپولی ساکارید عامل بروز بیماری و علائم کلینیکی مهمی مانند اندوتوکسمی است (Olson et al., 1995; Plessers et al., 2015; Cullor, 1992). لیپولی ساکارید باکتریایی یکی از مؤثرترین تحریک‌کننده‌های سیستم ایمنی در پستانداران به‌شمار می‌رود (Wyns, Seydel et al., 2003); 2014). هنگامی که لیپولی ساکارید از غشاء خارجی آزاد می‌شود، بخش لیپید A آن اثر سمی داشته و با فعال‌سازی سیستم ایمنی ذاتی، منجر به ایجاد پاسخ التهابی و فاز حاد می‌شود (Van Amersfoort et al., 2003). در پستانداران، پاسخ فاز حاد یک توالی فرایند هماهنگ‌شده‌ای است که در محل التهاب پس از ایجاد عفونت آغاز می‌شود و باعث تولید و انتشار انواع واسطه‌های التهابی، تعاملات سلولی، عروقی و تغییرات متابولیکی می‌شود (Baumann and Gruys et al., 2004; Gaudie, 1994). در طی پاسخ فاز حاد مونوسیت‌های خون و یا ماکروفاژهای بافتی، ابتدا از طریق رها سازی سایتوکین‌های اولیه همچون فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α) و

غیر اشباع شامل ۲/۳، ۲/۳، ۱/۵ و ۱؛ اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه به اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه شامل ۶/۷، ۶/۷، ۱۰/۵ و ۱/۵ و اسیدهای چرب n-6 به اسیدهای چرب n-3 شامل ۸، ۸، ۵/۸ و ۰/۲ را از شیر و تیمارهای خوراکی (روغن ماهی و چربی پیه) دریافت کردند (جدول ۲). در این مطالعه روش القاء فاز حاد، بررسی فازهای رفتاری و نمونه‌برداری بر اساس آزمایشات پلیسر و همکاران (Plessers et al., 2015) و کامل ارومیه و همکاران (Kamel Oroumieh et al., 2020) صورت پذیرفت.

در انتهای دوره عادت‌پذیری از انروفلاکساسین به‌میزان پنج میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن برای جلوگیری از احتمال وقوع عفونت‌های ریوی در طول دوره آزمایش به‌صورت تزریق زیر جلدی استفاده شد. از ابتدای دوره عادت‌پذیری تا روز تزریق لیپوپلی‌ساکارید روزانه وضعیت سلامت گوساله‌ها از جمله اسکور مدفوع، ضربان قلب، تعداد تنفس و سلامت ظاهری آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در طی دوره عادت‌پذیری (روز ۷- الی ۱) و همچنین طول دوره آزمایش (روز ۱ الی ۱۱) هیچ‌گونه عارضه اسهال و یا بیماری مشاهده نشد. در روز هفتم آزمایش (یک روز قبل از تزریق لیپوپلی‌ساکارید) گوساله وزن کشتی شده ($4/9 \pm 6/6$) و سپس آنژیوبکت خاکستری (۱۶G) جهت تسهیل در تزریق لیپوپلی‌ساکارید و نمونه‌برداری خون در ورید گردنی گوساله‌ها قرار گرفت. در روز هشتم از آزمایش گروه‌های PC، TA و FO به‌صورت تزریق وریدی به‌میزان ۰/۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید خالص (*E. coli* serotype O111:B4, Sigma-Aldrich®; product NO. L2630) قرار گرفتند. به‌میزان مشابه سرم نمکی به گروه NC تزریق شد. یک ساعت قبل از تزریق لیپوپلی‌ساکارید وضعیت سلامت ظاهری، دمای رکتوم و ضربان قلب گوساله‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. از دمای رکتوم $39/5$ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان دمای شاخص جهت حذف گوساله از طرح استفاده شد. تیمارهای خوراکی روغن ماهی (روغن کیلکا، شرکت محصولات دریایی پارس کیلکا، مازندران، ایران) و چربی پیه (شرکت روغن اعلا سپاهان، اصفهان، ایران) از روز اول تا روز پایان آزمایش (روز ۱ الی ۱۱) به‌صورت ترکیب با شیر در دو وعده در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. جهت ارزیابی اثرات تغییر اسیدهای چرب غیر اشباع خوراکی بر پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار دو گروه FO و TA ایزوکالریک در نظر گرفته شدند.

درحالی‌که، بیشترین نرخ مرگ‌ومیر گوساله‌های شیرخوار در سن کمتر از ۳۰ روزگی رخ می‌دهد، بنابراین مصرف بلندمدت روغن ماهی (بیشتر از یک ماه) ممکن است شواهد کافی برای ارزیابی اثرات ضد التهابی روغن ماهی بر سطح سلامت گوساله‌های شیرخوار را فراهم نکند، بنابراین هدف از این آزمایش بررسی اثرات ضد التهابی n-3 PUFA با منبع دریایی در یک دوره مصرف کوتاه‌مدت تحت شرایط القاء فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش و تیمارها

در این آزمایش، ۲۴ رأس گوساله نر هلشتاین با میانگین سن ۳/۷ ± ۳۴/۵ روز مورد استفاده قرار گرفت. این آزمایش در بهمن‌ماه ۱۳۹۷ در مجموعه مزرعه آستان قدس رضوی به انجام رسید. گوساله‌ها از بدو تولد تا از شیرگیری در جایگاه انفرادی با پوشش کاه گندم نگهداری شدند. جهت ایجاد حداکثر شباهت بین گوساله‌های آزمایش معیارهایی همچون عدم بیماری و بروز اسهال، تولد بدون سخت‌زایی، وزن و سن برای انتخاب گوساله‌ها مورد استفاده قرار گرفت. طول دوره آزمایش ۱۱ روز به‌علاوه یک دوره عادت‌پذیری به‌مدت هفت روز در نظر گرفته شد. گوساله‌ها بعد از پایان دوره عادت‌پذیری وزن شده ($4/4 \pm 5/5$) و به‌طور کاملاً تصادفی به چهار گروه زیر تقسیم شدند: (۱) گروه شاهد منفی (در این گروه تیمارهای خوراکی و همچنین تزریق لیپوپلی‌ساکارید به‌کاربرده نشده است و تنها تحت تزریق سرم نمکی قرار گرفته اند، NC)، (۲) گروه شاهد مثبت (در این گروه تیمارهای خوراکی استفاده نشده است و تنها تحت تزریق لیپوپلی‌ساکارید قرار گرفته‌اند، PC)، (۳) گروه چربی پیه، ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن + تزریق لیپوپلی‌ساکارید (TA)، (۴) گروه روغن ماهی، ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن به‌علاوه تزریق لیپوپلی‌ساکارید (FO). تمام گوساله‌ها از جیره یکسان بر اساس سطح احتیاجات معرفی شده در NRC (۱۲) به‌صورت دسترسی آزاد تغذیه شدند (جدول ۱). گوساله‌ها روزانه به‌میزان پنج لیتر شیر در دو وعده صبح و عصر مورد تغذیه قرار گرفته و در طول دوره آزمایش دسترسی آزاد به آب تازه داشتند. پروفایل اسیدهای چرب شیر و روغن ماهی در جدول ۲ مشاهده می‌شود. در این آزمایش، گروه‌های NC، PC، TA و FO به‌ترتیب نسبت‌های اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب

جدول ۱- مواد تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره آغازین تغذیه شده به گوساله‌ها

Table 1- Ingredients and chemical composition of starter fed to calves

مواد خوراکی Ingredients	مقدار (درصد از ماده خشک) Value (%DM)
یونجه Alfalfa hay	10
ذرت Corn	45
جو Barley	9
کنجاله سویا Soybean meal	24
گلوتن ذرت Corn gluten meal	1.8
سبوس گندم Wheat bran	6.5
کمپلکس ویتامین و موادمعدنی ^۱ Vitamins and minerals premix ¹	0.9
بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.9
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.9
بنتونیت Bentonite	0.5
نمک Salt	0.5
ترکیبات موادمغذی Nutrient composition	
ماده خشک DM, % as fed	90
پروتئین خام Crude protein	19.5
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF)	17
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (ADF)	9.1
چربی خام Fat	3
کلسیم Ca	0.7
فسفر P	0.5
انرژی قابل سوخت‌وساز (مگا کالری در کیلوگرم) ^۲ Calculated ME (Mcal/kg of DM) ²	3.15

^۱ در هر کیلوگرم مکمل: ویتامین آ ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌الملل در کیلوگرم، ویتامین د ۵۰۰۰۰ واحد بین‌الملل در کیلوگرم، ویتامین ای ۱۵۰۰ واحد بین‌الملل در کیلوگرم، کلسیم ۱۲۰ گرم در کیلوگرم، فسفر ۲۰ گرم در کیلوگرم، منیزیم ۲۰/۵ گرم در کیلوگرم، سدیم ۱۸۶ گرم در کیلوگرم، روی ۷/۷ گرم در کیلوگرم، منگنز ۲/۲۵ گرم در کیلوگرم، آهن ۱/۲۵ گرم در کیلوگرم، گوگرد ۳ گرم در کیلوگرم، کبالت ۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، مس ۱/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ید ۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیوم ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

^۲ با استفاده از نرم‌افزار NRC (۲۰۰۱) محاسبه شد.

^۱ Contained per kilogram of supplement: 250,000 IU of vitamin A, 50,000 IU of vitamin D, 1,500 IU of vitamin E, 120 g of Ca, 20 g of P, 20.5 g of Mg, 186 g of Na, 7.7 g of Zn, 2.25 g of Mn, 1.25 g of Fe, 3 g of S, 14 mg of Co, 1.25 g of Cu, 56 mg of I, and 10 mg of Se.

^۲ Metabolizable energy using NRC (2001) equations.

سنجش سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد

جهت تعیین غلظت سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد از نمونه‌های پلازما به‌صورت دوتایی (دوپی کیت) استفاده شد. برای ارزیابی سطوح فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α)، اینترلوکین شش (IL-6)، هاپتوگلوبین (Hp) و سرم آمیلوئید آ (SAA)، کیت‌های ایزایی ساخت کشور چین مورد استفاده قرار گرفت (Bioassay Technology Laboratory ELISA kits, Shanghai, China; Cat No. E0019BO, No. E0001BO, No. E0022BO, and No. E0023BO for TNF- α , IL-6, Hp, and SAA, respectively). همچنین برای تعیین سطوح TNF- α ، IL-6 و SAA نمونه‌های پلازما به‌ترتیب ۱۰، ۱۰، و ۲۰ مرتبه رقیق شدند. روش سنجش سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد مطابق پروتکل شرکت سازنده انجام شد. سنجش درون سنجی (intra-assay CV) مورد محاسبه قرار گرفت و به‌ترتیب برای TNF- α ، IL-6، Hp و SAA ۹/۴، ۹/۱، ۸/۲، ۹/۲ درصد می‌باشد. حساسیت تحلیلی (analytical sensitivities) این آزمایشات در پلازما به‌ترتیب برای TNF- α ، IL-6، Hp و SAA، ۵/۸۵، ۱/۳۶، ۱/۳۶ میلی‌لیتر (pg/mL)، ۱۰/۵ پیکوگرم در میلی‌لیتر (pg/mL)، ۱/۰۵۴ میکروگرم در میلی‌لیتر (μg/mL) و ۰/۰۵۴ میکروگرم در میلی‌لیتر (μg/mL) توسط شرکت تولیدکننده معرفی شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

جهت آنالیز آماری پس از بررسی تست نرمال، داده‌های نرمال به‌روش پارامتریک و داده‌های غیر نرمال به‌روش غیر پارامتریک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از روش آنالیز Kruskal-Wallis برای داده‌های غیر نرمال استفاده شد. جهت ارزیابی اثرات لیپوپلی‌ساکارید در گروه‌های مختلف از آزمون تحلیل تکرار در زمان یا واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر (Repeated Measurement Of ANOVA) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (JMP) به‌صورت کاملاً تصادفی با اثر ثابت تیمارها، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان و همچنین اثر تصادفی گوساله در تیمار انجام شد. قبل از تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های مرتبط با سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد به لگاریتم با پایه ۱۰ تبدیل شدند. جهت تعیین دقت تشخیصی پارامترهای بررسی شده از سطح زیر منحنی (AUC) برای نرخ تنفس (بازه زمانی صفر تا شش ساعت)، دمای رکتال و نرخ ضربان قلب (بازه زمانی صفر تا ۲۴ ساعت)، TNF- α (بازه زمانی صفر تا چهار ساعت)، IL-6 (بازه زمانی صفر تا شش ساعت)، Hp و SAA (بازه زمانی صفر تا ۲۴ ساعت) استفاده شد (Cullor, 1992). در نهایت، برای تعیین اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از روش آنالیز آماری LSMEANS Tukey HSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

جهت ارزیابی اثرات لیپوپلی‌ساکارید بر پاسخ فاز حاد، یک ساعت قبل از تزریق لیپوپلی‌ساکارید (روز هشتم ساعت هفت صبح یک ساعت پس از مصرف شیر وعده صبحگاهی) یک نمونه خون به‌عنوان نمونه شاهد از همه گروه‌ها گرفته شد. برای ارزیابی شرایط التهاب، در طی بازه‌های زمانی ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، و ۷۲ ساعت پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید خون‌گیری انجام شد. علائم کلینیکی همچون دمای رکتوم، نرخ تنفس و ضربان قلب در طی بازه‌های زمانی ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید تعیین شد. در ابتدا، نرخ تنفس تعیین سپس وارد جایگاه انفرادی شده و ضربان قلب و دمای رکتوم اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری دمای رکتوم از دماسنج الکترونیکی هشداردهنده استفاده شد. در طی ۱۸ ساعت ابتدایی پس از القاء التهاب دو دامپزشک وضعیت کلینیکی و سلامت گوساله‌ها را ارزیابی می‌کردند. در طی ۱۲ ساعت ابتدایی پس از القاء التهاب بروز تنگی نفس، سرفه، وضعیت روحی، موقعیت و نحوه دراز کشیدن، نشستن و ایستادن گوساله‌ها و همچنین اشتها آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس مدل معرفی شده توسط پلیسر و همکاران (Plessers et al., 2015) وقوع سه فاز رفتاری (تنفسی، افسردگی و ریکاوری) پس از القاء التهاب تعیین و ارزیابی شد (شکل ۳). به‌طور خلاصه، وقوع سه فاز رفتاری بر اساس مدل ارائه شده توسط پلیسر و همکاران (Plessers et al., 2015) بدین شرح است: آغاز فاز تنفسی با شروع تنگی نفس، افزایش نرخ تنفس و بروز سرفه تعیین و پایان آن بوسیله بهبودی از ناراحتی تنفسی و تعدیل نرخ تنفس تعیین شد. پایان فاز تنفسی (بهبودی از ناراحتی تنفسی) نشان‌دهنده آغاز فاز افسردگی است. در این مرحله، غالب گوساله‌ها دچار افسردگی ناشی از بروز تب شده و عمدتاً به‌صورت نشسته و یا دراز کشیده قرار می‌گیرند. این مرحله با پایان فاز تنفسی آغاز و با بروز نشانه‌های هوشیاری و تحرک، پایان می‌پذیرد. پایان فاز افسردگی همراه با آغاز فاز ریکاوری می‌باشد. در فاز ریکاوری گوساله‌ها به‌صورت طبیعی ایستاده و هوشیاری کامل دارند و تحرکات طبیعی مشاهده می‌شود. هوشیاری کامل همراه با تحرکات طبیعی و مصرف آب و غذا نشان‌دهنده اتمام کامل فاز ریکاوری می‌باشد. در صورت وقوع شوک سیستمیک گوساله از طرح خارج می‌شد. برای دسترسی به پلازما نمونه‌های خون در دمای اتاق و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰g سانتیفریوژ شده و در دمای ۲۰- تا زمان آنالیز نگهداری شدند. روش انجام آزمایش و نمونه‌برداری در این آزمایش مورد تأیید کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد به شماره سند ۱۳۹۹۰۱۹ قرار گرفت.

نتایج و بحث

در این مطالعه، اثر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی بر پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بررسی شد. نتایج نشان داد، تغذیه کوتاه‌مدت روغن ماهی در جیره گوساله‌های شیرخوار منجر به بهبود عملکرد سیستم ایمنی آن‌ها نخواهد شد. در روز هشتم پس از تزریق لیپوپولی ساکارید به دلیل بروز علائم شوک شدید، یک گوساله متعلق به گروه چربی پیه (TA) از طرح خارج شد. با توجه به عدم وجود مدارک مبنی بر اثر سوء روغن پیه بر گوساله‌ها، به نظر می‌رسد بروز علائم شوک شدید به دلیل حساسیت فردی گوساله به لیپوپولی ساکارید بوده است.

در این آزمایش، نسبت کل اسیدهای چرب n-6 به n-3 (n-6/n-3) مصرف شده در گروه‌های NC، PC، TA و FO به ترتیب ۸/۹، ۷/۷ و ۰/۶ بود. این نسبت در گروه روغن ماهی ۱۴ مرتبه کمتر از گروه‌های NC و PC و ۱۲ مرتبه کمتر از گروه TA بود (جدول ۲). نتایج به دست آمده نشان داد کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6 به n-3 (از طریق مصرف منابع دریایی) در جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار نمی‌تواند بر علائم کلینیکی و همچنین سطوح سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد تحت چالش لیپوپولی ساکارید تأثیر گذاشته و منجر به بهبود پاسخ فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار شود. در این راستا، استنلی و همکاران (Stanley et al., 2007) نشان دادند که تنها بیان نسبت اسیدهای چرب n-6/n-3 در جیره خوراکی یک شاخص مفید نبوده و می‌تواند منجر به عدم توجه به افزایش مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر n-3 شود. اگر چه تا امروز سطح مورد نیاز مجموع اسیدهای چرب DHA و EPA برای

گوساله‌های شیرخوار به خوبی شناخته نشده است، با این حال مطالعات نشان داده‌اند بالاترین سطح مجموع آن‌ها در انسان پنج گرم در روز است (Lewis and Bailes, 2011 Stanley et al., 2007). در این راستا، فلگا و همکاران (Flaga et al., 2019) توجه خود را معطوف به میزان مصرف اسید چرب DHA در گوساله‌های شیرخوار کرده و نشان دادند مکمل کردن جلبک دریایی غنی از DHA در جایگزین شیر می‌تواند منجر به کاهش بیان ژن سایتوکین‌های التهابی شود. آن‌ها میزان سه گرم در روز DHA را به عنوان حداکثر میزان مصرف روزانه آن معرفی کردند (Flaga et al., 2019). در مطالعه آن‌ها افزایش مصرف DHA بیشتر از سه گرم در روز تأثیری بر عملکرد سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار نداشت و به علاوه منجر به کاهش وزن بدن در آن‌ها شد. در این آزمایش، سطح مصرف DHA بیشتر از سطح معرفی شده توسط فلگا و همکاران (Flaga et al., 2019) نبود و به ترتیب گروه‌های NC، PC و TA دو میلی‌گرم در روز و گروه FO سه گرم در روز DHA دریافت کردند. با این حال، مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی در گوساله‌های شیرخوار تأثیری بر عملکرد سیستم ایمنی آن‌ها نداشت و با نتایج مک دونالد و همکاران (McDonnell et al., 2019) هم‌خوانی داشت. به نظر می‌رسد عدم تطابق نتایج حاضر با نتایج فلگا و همکاران (Flaga et al., 2019) به دلیل عدم استفاده آن‌ها از چالش لیپوپولی ساکارید باشد. مطالعات بیشتری در زمینه بررسی سطوح مناسب مجموع اسیدهای چرب DHA و EPA در جیره گوساله‌های شیرخوار و تأثیر بر عملکرد سیستم ایمنی آن‌ها مورد نیاز است.

جدول ۲- غلظت مجموع اسیدهای چرب شیر، روغن ماهی و چربی پیه

Table 2- Fatty acids concentrations in milk, fish oil, and tallow

مجموع اسید چرب (درصد) ^۱ Fatty acids (%) ¹	شیر Milk	روغن ماهی Fish oil	چربی پیه Tallow
اسیدهای چرب اشباع ^۲ Saturated fatty acids ²	65.3	28	42.4
اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه ^۳ Monounsaturated fatty acids ³	24.2	36.6	41.3
اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه n-6 ^۴ n-6 Polyunsaturated fatty acids ⁴	3.2	2.1	2.1
اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه n-3 ^۵ n-3 Polyunsaturated fatty acids ⁵	0.4	24	0.5

^۱ گروه‌های آزمایشی شاهد منفی (NC) و شاهد مثبت (PC) تنها از شیر و گروه‌های FO و TA علاوه بر شیر به ترتیب از مکمل‌های خوراکی روغن ماهی و چربی پیه تغذیه شدند.

^۲ شامل اسیدهای چرب: C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0 + C11:0 + C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0 + C24:0.

^۳ شامل اسیدهای چرب: C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1 + C20:1.

^۴ شامل اسیدهای چرب: C18:2 n-6 + C18:3 n-6 + C20:2 n-6 + C20:3 n-6 + C20:4 n-6.

^۵ شامل اسیدهای چرب: C18:3 n-3 + C20:3 n-3 + C20:4 n-3 + C20:5 n-3 + C22:5 n-3 + C22:6 n-3.

^۱ Experimental groups including negative control (NC), and positive control (PC) were only fed by milk and the groups FO and TA were fed with milk supplemented with fish oil and tallow, respectively.

^۲ Saturated fatty acids: C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0 + C11:0 + C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0 + C24:0.

^۳ Monounsaturated fatty acids: C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1 + C20:1.

^۴ n-6 Polyunsaturated fatty acids: C18:2 n-6 + C18:3 n-6 + C20:2 n-6 + C20:3 n-6 + C20:4 n-6.

^۵ n-3 Polyunsaturated fatty acids: C18:3 n-3 + C20:3 n-3 + C20:4 n-3 + C20:5 n-3 + C22:5 n-3 + C22:6 n-3.

جدول ۳- اثر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی و چربی پیه در پاسخ به چالش لیپوپولی‌ساکارید بر سطح زیر منحنی

Table 3- Effect of short-term consumption of fish oil and tallow in response to the LPS challenge on the area under the curve

آیتم Item	گروه‌های آزمایشی ^۱ Experimental groups ¹			SEM	P-Value
	شاهد مثبت PC	روغن ماهی FO	چربی پیه TA		
سرم آمیلوئید ^۲ SAA ²	19	16	18	2.10	0.64
هپتوگلوبین ^۳ Hp ³	11.4	11.6	13.8	1.86	0.61
اینترلوکین-۶ ^۴ IL-6 ⁴	57	54	58	6.13	0.90
تی ان اف آلفا ^۵ TNF-α ⁵	23	21	25	2.82	0.63
نرخ تنفس ^۶ RR ⁶	336.8	332.8	334.6	19.7	0.98
نرخ ضربان قلب ^۷ HR ⁷	2364	2424	2680	92.8	0.06
دمای رکتوم ^۸ RT ⁸	937.4 ^a	936.1 ^a	943.7 ^b	1.27	<0.01

^۱ گروه‌های آزمایشی: گروه شاهد مثبت (PC): در این گروه تیمارهای خوراکی استفاده نشده است و تنها تحت تزریق لیپوپولی‌ساکارید قرار گرفته‌اند، گروه روغن ماهی (FO): ۳۵۰ میلی‌گرم روغن ماهی در کیلوگرم وزن بدن + تزریق لیپوپولی‌ساکارید، گروه چربی پیه (TA): ۳۵۰ میلی‌گرم چربی پیه در کیلوگرم وزن بدن + تزریق لیپوپولی‌ساکارید (TA).

^۲ سطح زیر منحنی سرم آمیلوئید آ از زمان صفر الی ۷۲ ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در ساعت).

^۳ سطح زیر منحنی هپتوگلوبین از زمان صفر الی ۷۲ ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در ساعت).

^۴ سطح زیر منحنی اینترلوکین ۶ از زمان صفر الی شش ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (نانوگرم بر میلی‌لیتر در ساعت).

^۵ سطح زیر منحنی تی ان اف آلفا از زمان صفر الی چهار ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (نانوگرم بر میلی‌لیتر در ساعت).

^۶ سطح زیر منحنی نرخ تنفس از زمان صفر الی شش ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (تعداد تنفس در هر دقیقه در ساعت).

^۷ سطح زیر منحنی نرخ ضربان قلب از زمان صفر الی ۲۴ ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (تعداد ضربان قلب در هر دقیقه در ساعت).

^۸ سطح زیر منحنی دمای رکتوم از زمان صفر الی ۲۴ ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید (درجه سانتی‌گراد در ساعت).

¹Groups: PC = positive control; FO = fish oil 350 mg.kg⁻¹ BW + LPS; TA = tallow 350 mg.kg⁻¹ BW + LPS.

²SAA = serum amyloid A, AUC_{0-72h} (mg/mL × h).

³Hp = haptoglobin, AUC_{0-72h} (mg/mL × h).

⁴IL-6 = interleukin-6, AUC_{0-6h} (ng/mL × h).

⁵TNF-α = TNF-α, AUC_{0-4h} (ng/mL × h).

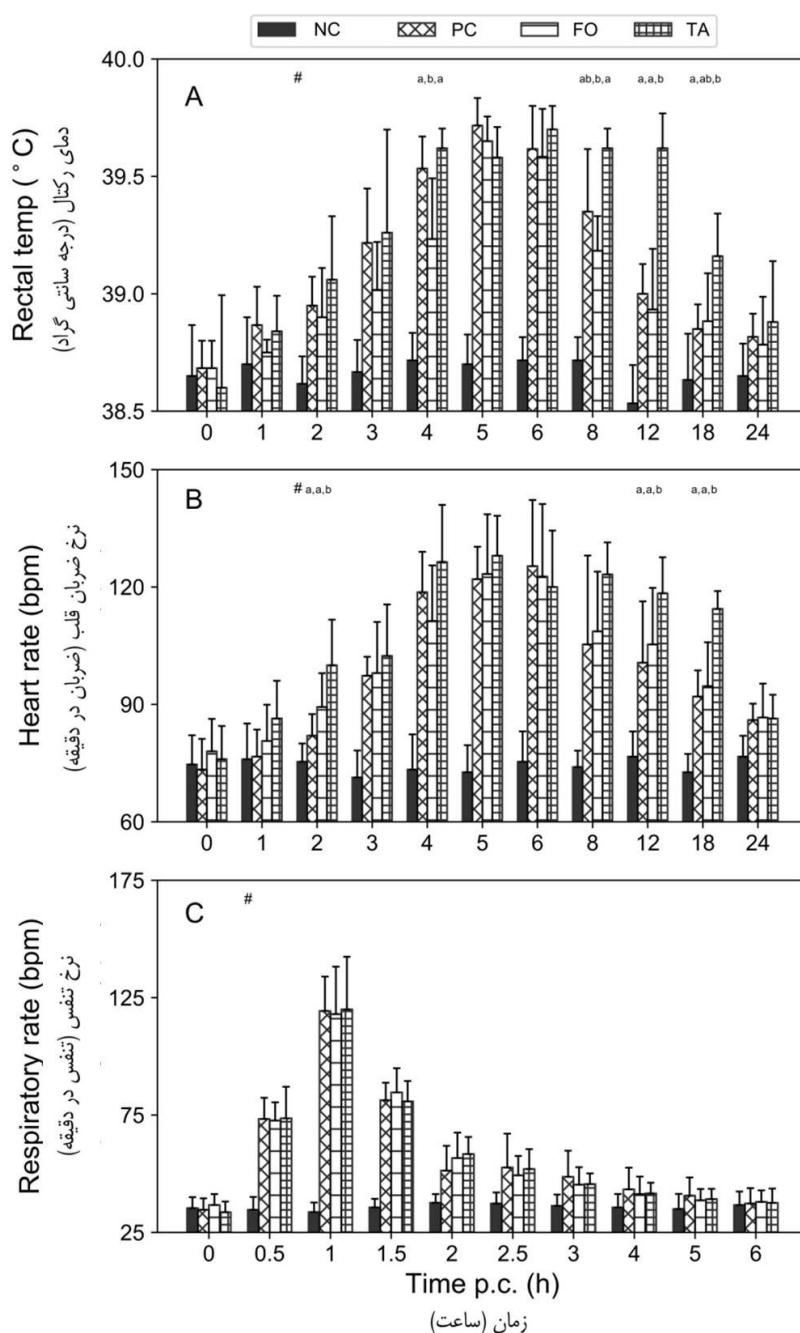
⁶RR = respiratory rate, AUC_{0-6h} (bpm × h).

⁷HR = heart rate, AUC_{0-24h} (bpm × h).

⁸RT = rectal temperature, AUC_{0-24h} (°C × h).

اندازه‌گیری شده درون هر گروه تحت چالش لیپوپولی‌ساکارید، معنی‌دار بود ($p < 0.05$). همچون نتایج پلیسر و همکاران (Plessers *et al.*, 2015)، در طی دوره آزمایش هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در علائم کلینیکی در گروه NC مشاهده نشد و علائم بالینی طبیعی در گروه‌های تحت چالش لیپوپولی‌ساکارید پس از ۲۴ ساعت از تزریق لیپوپولی‌ساکارید مشاهده شد. تفاوت معنی‌دار در دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب بین گروه NC و گروه‌های تحت چالش لیپوپولی‌ساکارید از دو ساعت پس از تزریق آن آغاز و تا ۱۸ ساعت پس از تزریق ادامه داشت ($p < 0.01$) (شکل ۱- A و B).

در این آزمایش میانگین نرخ تنفس، دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب در زمان صفر روز هشتم آزمایش (یک ساعت قبل از تزریق لیپوپولی‌ساکارید) بین گروه‌ها به‌ترتیب $4 \pm 35/1$ تنفس در دقیقه (bpm)، $0/2 \pm 38/7$ درجه سانتی‌گراد و $7 \pm 75/4$ ضربان در دقیقه (bpm) بود. اثر القاء فاز حاد از طریق تزریق لیپوپولی‌ساکارید در گروه‌های PC، TA و FO بر علائم کلینیکی (نرخ تنفس، دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب) و واسطه‌های التهابی (سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد) مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۳) که در راستای نتایج پلیسر و همکاران (Plessers *et al.*, 2015) بود. مطابق آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر، اثر زمان در پارامترهای



شکل ۱- اثر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی و چربی پیه در پاسخ به چالش لیپوپولی‌ساکارید بر دمای رکتوم، نرخ ضربان قلب و نرخ تنفس

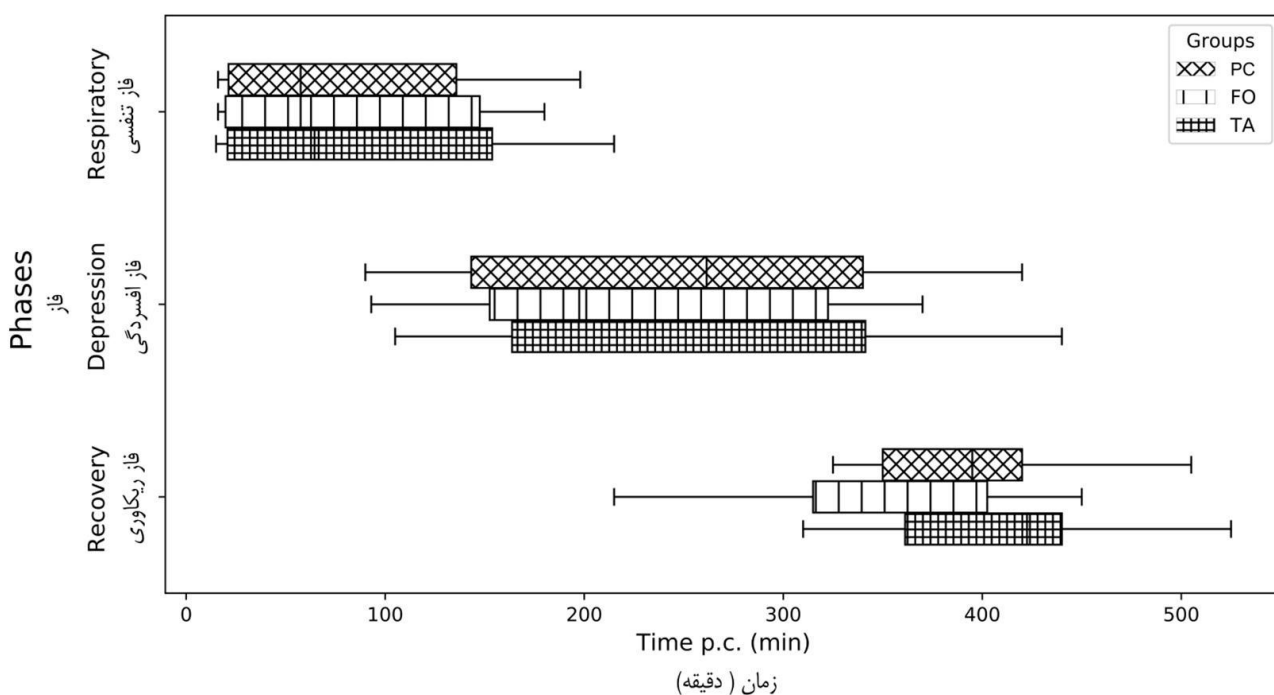
Figure 1- Effect of short-term consumption of fish oil and tallow in response to the LPS challenge on the rectal temperature, heart rate, and respiratory rate

بیشتری نسبت به سایر گروه‌های تحت چالش افزایش یافت و همچنین در زمان کوتاه‌تری کاهش یافت، که می‌تواند متأثر از اثرات ضد التهابی روغن ماهی باشد. در چهار ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید، دمای رکتوم در گروه FO به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر گروه‌های تحت چالش لیپوپولی‌ساکارید کمتر بود ($p <$

در این آزمایش، حداکثر سطح دمای رکتوم برای گروه‌های PC و FO، پنج ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید مشاهده شد، این در حالی بود که گروه TA بالاترین سطح دمای رکتوم را نسبت به سایر گروه‌ها در طی بازه زمانی ۴ الی ۱۲ ساعت پس از تزریق لیپوپولی‌ساکارید نشان داد (شکل ۱). دمای رکتوم در گروه FO با تأخیر

حاد مشاهده شد ($p < 0.01$) (شکل ۱-۱). با این وجود، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در نرخ تنفس بین گروه‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید مشاهده نشد و در همه آن‌ها نرخ تنفس با سرعت زیادی پس از القاء فاز حاد افزایش یافت. حداکثر سطح نرخ تنفس در یک ساعت پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید مشاهده شد (شکل ۱). مطالعه حاضر، اولین گزارش از تأثیر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی و چربی پیه بر علائم کلینیکی گوساله‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید می‌باشد.

به‌علاوه، دمای رکتوم در گروه TA در زمان‌های ۱۲ و ۱۸ ساعت پس از القاء فاز حاد به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه PC بود ($p < 0.01$). در طی ۲۴ ساعت پس از القاء فاز حاد تفاوت معنی‌داری در نرخ ضربان قلب بین گروه‌های FO و PC مشاهده نشد (شکل ۱-۱). با این حال، در زمان‌های ۲، ۱۲ و ۱۸ ساعت پس از القاء فاز حاد، نرخ ضربان قلب در گروه TA به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید بود ($p < 0.01$). تفاوت معنی‌داری در نرخ تنفس بین گروه NC و سایر گروه‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید در بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای دو ساعت پس از القاء فاز



شکل ۲- اثر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی و چربی پیه در پاسخ به چالش لیپوپلی‌ساکارید بر رفتار بیماری

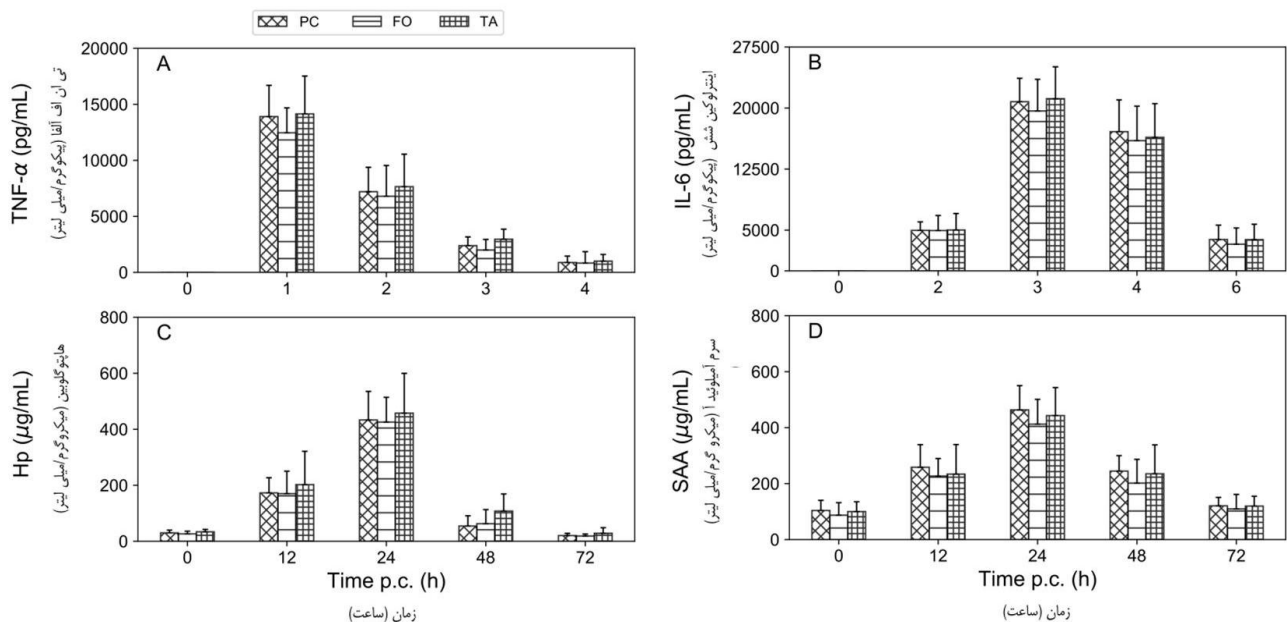
Figure 2- Effect of short-term consumption of fish oil and tallow in response to the LPS challenge on the sickness behavior

مطالعات انجام شده بر انسان گزارش کرده‌اند، مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) نیز می‌تواند اثر ضد التهابی داشته و نسبتاً منجر به بهبود پاسخ پیش التهابی به‌ویژه در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع شود (۳۳). به‌دلیل آن که TA غنی از MUFA است، انتظار بر آن بود تا پاسخ فاز حاد در این گروه بهتر و یا هم سطح گروه PC باشد (جدول ۲). برخلاف انتظارات، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، شدت بروز علائم کلینیکی در گروه TA بیشتر از گروه PC بود. در این آزمایش، نرخ ضربان قلب و طول مدت تب در طی ۱۸ ساعت اول تزریق لیپوپلی‌ساکارید در گروه TA بالاتر از گروه PC بود، به‌طوری‌که در زمان‌های ۱۲ و ۱۸ ساعت پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب در گروه TA به‌طور

معنی‌داری بیشتر از گروه PC بود ($p < 0.01$) (شکل ۱-۱ و B). نتایج این آزمایش نشان داد، سطح زیر منحنی دمای رکتوم در گروه TA به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p < 0.01$). همچنین در گروه TA سطح زیر منحنی نرخ ضربان قلب بیشتر از سایر گروه‌ها بود و گرانش به معنی‌داری نشان داد ($p = 0.06$). در این مطالعه، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در سطح زیر منحنی نرخ تنفس بین گروه‌ها مشاهده نشد (جدول ۳). در آزمایش پلیسر و همکاران (Plessers et al., 2015) دو روند برای افزایش دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب نشان داده شد، به‌طوری‌که گوساله‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید به دو گروه تقسیم شده که در گروه اول توسعه التهاب با سرعت بیشتر و در گروه دوم با سرعت

زیر منحنی دمای رکتوم و نرخ ضربان قلب به دلیل اثر بلندمدت لیپوپلی ساکارید بر گروه TA باشد.

کمتری رخ داد. در این مطالعه، به دلیل آنکه تفاوت معنی‌داری در سطوح سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد بین گروه‌های TA و PC مشاهده نشد، به نظر می‌رسد تفاوت معنی‌دار در سطوح



شکل ۳- اثر مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی و چربی بیه در پاسخ به چالش لیپوپلی ساکارید بر سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد

Figure 3- Effect of short-term consumption of fish oil and tallow in response to the LPS challenge on the cytokines and acute phase proteins

تولید سایر سایتوکین‌های التهابی به‌ویژه IL-6 منجر به افزایش سطح آن‌ها می‌شود (Conti et al., 2004). بالو و همکاران (Ballou et al., 2008) با استفاده از روغن ماهی نسبت اسیدهای چرب n-6/n-3 در جیره گوساله‌های شیرخوار را کاهش دادند و نشان دادند مکمل کردن روغن ماهی می‌تواند تحت شرایط التهاب حاد منجر به بهبود عملکرد سیستم ایمنی در گوساله‌ها شود. در این راستا، کارچر و همکاران (Karcher et al., 2014) نشان دادند، مکمل کردن روغن ماهی در جایگزین شونده‌های شیر می‌تواند تحت شرایط التهاب حاد منجر به کاهش بیان ژن TNF-α شود. همچنین موتوری و همکاران (Muturi et al., 2005) گزارش کردند، کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6/n-3 در جیره گوساله‌های شیرخوار ممکن است پاسخ ایمنی به عفونت انگلی نامتدها را تقویت کند. نتایج این مطالعه برخلاف نتایج مطالعات گذشته (Karcher et al., Muturi et al., 2005)؛ (2014) نشان داد، مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی منجر به بهبود سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار تحت شرایط التهاب حاد نمی‌شود. این تفاوت در نتایج می‌تواند به دلیل تفاوت در طراحی آزمایش و به‌ویژه نحوه القاء فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار باشد. با این حال، نتایج ما در راستای نتایج مک دونل و همکاران (McDonnell et

در این آزمایش، سطوح سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد در پاسخ به تزریق لیپوپلی ساکارید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج مطالعات گذشته هم‌خوانی داشت (Roth and Blatteis, Plessers et al., 20152011). حداکثر سطح TNF-α، IL-6، Hp و SAA به ترتیب در زمان‌های ۱، ۳، ۲۴ و ۲۴ ساعت پس از چالش لیپوپلی ساکارید مشاهده شد (شکل ۳). هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های TNF-α، IL-6، Hp و SAA بین گروه‌ها پس از چالش لیپوپلی ساکارید مشاهده نشد. اگر چه سطوح سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد بین گروه‌ها تفاوتی نداشتند ($p > 0.05$)، با این حال سطوح TNF-α، IL-6 و Hp در گروه TA بیشتر از سایر گروه‌ها بود. همچنین گروه FO کمترین سطح TNF-α، IL-6، Hp و SAA را در طی آزمایش نشان داد ($p > 0.05$) (شکل ۳). در این مطالعه، اثر معنی‌داری از گروه‌ها بر سطوح زیر منحنی سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد مشاهده نشد (جدول ۳). در راستای مطالعات گذشته در این آزمایش نیز مطابق انتظار، ابتدا سطح TNF-α افزایش یافته و سپس با کاهش آن سطح IL-6 افزایش یافت (Roth and Blatteis, Plessers et al., 20152011)؛ (شکل ۳). TNF-α واسطه اصلی التهاب حاد در پاسخ به باکتری‌های گرم منفی می‌باشد و با تأثیر بر

به نظر می‌رسد، علت اختلاف نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر آزمایشات تفاوت در طراحی آزمایش و همچنین شیوه القاء فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار باشد، به‌طوری‌که در مطالعه حاضر از مدل ارائه شده جهت القاء فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار توسط پلیسر و همکاران (Plessers *et al.*, 2015) استفاده شد، درحالی‌که در سایر مطالعات تفاوت چشمگیری در شیوه القاء فاز حاد وجود دارد، به‌طوری‌که برخی از آن‌ها از باکتری‌های گرم منفی کشته شده و برخی دیگر از واکسیناسیون استفاده کرده‌اند (Ballou *et al.*, 2008; Karcher *et al.*, 2014). همچنین برای اولین بار در این مطالعه به‌طور اختصاصی اثر روغن ماهی بر فازهای رفتاری و سطوح سایتوکین‌ها و پروتئین‌های فاز حاد در طی بازه زمانی متوالی تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید بررسی شد. به‌علاوه به نظر می‌رسد در این آزمایش عدم تأثیر روغن ماهی بر سلامت گوساله‌های شیرخوار می‌تواند تحت تأثیر القاء فاز حاد، مدت زمان مصرف روغن ماهی، و یا تفاوت در سطوح مورد نیاز اسیدهای چرب غیر اشباع n-3 در گوساله‌های شیرخوار باشد. از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه اندازه نمونه می‌باشد، هر چند بر اساس آزمایشات پلیسر و همکاران (Plessers *et al.*, 2015)، اوهتسوکا و همکاران (Ohtsuka *et al.*, 1997) و چاران و کانتاریا (Charan and Kantharia, 2013) اندازه نمونه در نظر گرفته شده برای آزمایشات تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید قابل قبول می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در آزمایشات بعدی سطوح اسیدهای چرب DHA و EPA و مجموع آن‌ها بر عملکرد سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار در پاسخ به فاز حاد مورد ارزیابی قرار بگیرد. همچنین ترکیب روغن ماهی و داروهای ضد التهاب با هدف ارزیابی کاهش مصرف داروهای ضد التهابی بر عملکرد سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین مورد مطالعه قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، مصرف کوتاه‌مدت روغن ماهی به‌منظور کاهش نسبت اسیدهای چرب n-6 به n-3 در جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار نمی‌تواند تأثیری بر پاسخ فاز حاد در آن‌ها داشته باشد. به‌علاوه مصرف روغن ماهی نتوانست منجر به مهار تولید سایتوکین‌های التهابی و پروتئین‌های فاز حاد در پاسخ به تزریق لیپوپلی‌ساکارید شود. همچنین مصرف روغن ماهی تأثیر معنی‌داری بر فازهای رفتاری در گوساله‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید نداشت، هرچند منجر به پایان سریع‌تر فاز افسردگی و ریکاوری در آن‌ها شد. در این مطالعه، افزایش مصرف اسیدهای چرب MUFA نیز تأثیری بر سطح سلامت گوساله‌های شیرخوار نداشت. به نظر می‌رسد، مطالعات بیشتری در زمینه میزان مصرف اسیدهای چرب DHA و

اثری بر عملکرد سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار نداشت. از دیگر فاکتورهای حائز اهمیت در این آزمایش رفتار بیماری (sickness behavior) در گوساله‌ها پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید بود. در این مطالعه، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی در پیشرفت سه فاز رفتاری مشاهده نشد (شکل ۲). هیچ‌کدام از حیوانات تمایلی به مصرف خوراک و آب قبل از پایان فاز ریکاوری نشان ندادند. وقوع سرفه و تنفس دهان باز در طی فاز تنفسی بین گروه‌ها متفاوت نبود و تنفس قابل شنیدن در اغلب گوساله‌ها مشاهده شد. بر پایه مدل ارائه شده توسط پلیسر و همکاران (Plessers *et al.*, 2015) به‌طور میانگین ریکاوری کامل گوساله‌ها در گروه‌های PC، FO و TA به‌ترتیب در ۷/۲، ۶/۶ و ۷/۶ ساعت پس از چالش لیپوپلی‌ساکارید رخ داد. ۱۲ ساعت پس از چالش لیپوپلی‌ساکارید همه گوساله‌ها وعده دوم نوبت شیردهی را مصرف کردند (Plessers *et al.*, 2015). اگر چه تفاوت معنی‌داری در زمان ریکاوری گوساله‌ها مشاهده نشد، با این حال گوساله‌های تغذیه شده با روغن ماهی سریع‌تر از سایر گروه‌ها فازهای افسردگی و ریکاوری را به اتمام رساندند ($p > 0.05$) (شکل ۲). این نتیجه برخلاف نتایج آزمایش بالو و همکاران (۲) بود، به‌طوری‌که در آزمایش آن‌ها رفتاری بیماری در گوساله‌های تغذیه شده با روغن ماهی به‌طور معنی‌داری تعدیل یافته بود. با این حال، در آزمایش آن‌ها نیز همچون نتایج این آزمایش تغذیه روغن ماهی تأثیری بر اشتها، گوساله‌های تحت چالش لیپوپلی‌ساکارید نداشت. تفاوت در القاء فاز حاد و مدت زمان مصرف روغن ماهی می‌تواند از عوامل تأثیرگذار بر عدم تطابق نتایج حاضر با نتایج بالو و همکاران (۲) باشد. برخی مطالعات سطوح پروستاگلاندین E_2 ، $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و $IL-1\beta$ را به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های تب ناشی از تزریق لیپوپلی‌ساکارید معرفی کرده‌اند (Rocha *et al.*, 2017; Brymer *et al.*, 2019) (۷ و ۳۳). هاورن و همکاران (Howren *et al.*, 2009) نشان داده‌اند افزایش سطح $IL-6$ مستقیماً با بروز و شدت افسردگی ارتباط دارد؛ بنابراین بروز فاز افسردگی پس از تزریق لیپوپلی‌ساکارید می‌تواند مرتبط با افزایش معنی‌دار سایتوکین‌های التهابی ناشی از لیپوپلی‌ساکارید باشد. همچنین با توجه به عدم تأثیر تیمارهای خوراکی بر سایتوکین‌های التهابی، عدم تفاوت بین گروه‌های آزمایشی در فازهای رفتاری می‌تواند قابل توجیه باشد. به‌علاوه بیان شده است، علاوه بر سایتوکین‌ها، عوامل دیگری مانند ایکوزانوئیدها، سیگنال‌های محیطی و انتقال‌دهنده‌های عصبی نیز می‌توانند بر بروز رفتار بیماری تأثیر بگذارند (Rocha *et al.*, 2017). اطلاعات در رابطه با تأثیر روغن ماهی بر عواملی همچون ایکوزانوئیدها، سیگنال‌های محیطی و انتقال‌دهنده‌های عصبی تحت شرایط القاء فاز حاد در گوساله‌های شیرخوار در دسترس نیست و نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

آتش افروز، مهندس شریعت رضوی و همچنین از مجموعه کشاورزی و دامپروری آستان قدس رضوی برای همکاری در انجام این طرح تشکر و قدردانی می‌کنند. این تحقیق با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF، 97011137) و دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

EPA و تأثیر آن بر عملکرد و سطح سلامت گوساله‌های شیرخوار مورد نیاز باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از زحمات آقایان دکتر قربانی، دکتر امینی، مهندس

References

1. Azizzadeh, M., Shooroki, H. F., Kamalabadi, A. S., & Stevenson, M. A. (2012). Factors affecting calf mortality in Iranian Holstein dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 104(3-4), 335-340. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.12.007>
2. Ballou, M. A., Cruz, G. D., Pittroff, W., Keisler, D. H., & DePeters, E. J. (2008). Modifying the acute phase response of Jersey calves by supplementing milk replacer with omega-3 fatty acids from fish oil. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3478-3487. <https://doi.org/10.1016/10.3168/jds.2008-1016>
3. Baumann, H., & Gauldie, J. (1994). The acute phase response. *Immunology Today*, 15(2), 74-80. [https://doi.org/10.1016/0167-5699\(94\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0167-5699(94)90137-6)
4. Billiar, T. R., Bankey, P. E., Svingen, B. A., Curran, R. D., West, M. A., Holman, R. T., Simmons, R. L., & Cerra, F. B. (1988). Fatty acid intake and Kupffer cell function: Fish oil alters eicosanoid and monokine production to endotoxin stimulation. *Surgery*, 104(2), 343-349.
5. Bjørkkjær, T., Brunborg, L.A., Arslan, G., Lind, R.A., Brun, J.G., Valen, M., Klementsens, B., Berstad, A., & Frøyland, L. (2004). Reduced joint pain after short-term duodenal administration of seal oil in patients with inflammatory bowel disease: Comparison with soy oil. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 39(11), 1088-1094. <https://doi.org/10.1080/00365520410009429>
6. Brunborg, L. A., Madland, T. M., Lind, R. A., Arslan, G., Berstad, A., & Froyland, L. (2008). Effects of short-term oral administration of dietary marine oils in patients with inflammatory bowel disease and joint pain: A pilot study comparing seal oil and cod liver oil. *Clinical Nutrition*, 27(4), 614-622. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.01.017>
7. Brymer, K. J., Romay-Tallon, R., Allen, J., Caruncho, H. J., & Kalynchuk, L. E. (2019). Exploring the potential antidepressant mechanisms of TNF α antagonists. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 98. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00098>
8. Calder, P. C. (2012). Long-chain fatty acids and inflammation. *Proceedings of the Nutrition Society*, 71(2), 284-289. <https://doi.org/10.1017/S0029665112000067>
9. Calder, P. C. (2013). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: Nutrition or pharmacology? *British Journal of Clinical Pharmacology*, 75(3), 645-662. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04374.x>
10. Charan, J. & Kantharia, N. (2013). How to calculate sample size in animal studies? *Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics*, 4(4), 303. <https://doi.org/10.4103/0976-500X.119726>
11. Conti, B., Tabarean, I., Andrei, C., & Bartfai, T. (2004). Cytokines and fever. *Frontiers in Bioscience*, 9(12), 1433-1449. <https://doi.org/10.2741/1341>
12. Council, N. R. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Sciences, Washington, DC.
13. Cullor, J. S., (1992). Shock attributable to bacteremia and endotoxemia in cattle: Clinical and experimental findings. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 200(12), 1894-1902.
14. Flaga, J., Korytkowski, L., Gorka, P., & Kowalski, Z. M. (2019). The effect of docosahexaenoic acid-rich algae supplementation in milk replacer on performance and selected immune system functions in calves. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8862-8873. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16189>
15. Garcia, M., Shin, J. H., Schlaefli, A., Greco, L. F., Maunsell, F. P., Thatcher, W. W., Santos, J. E., & Staples, C. R. (2015). Increasing intake of essential fatty acids from milk replacer benefits performance, immune responses, and health of preweaned Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 458-477. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8384>
16. Gardner, I. A. & Greiner, M., (2006). Receiver-operating characteristic curves and likelihood ratios: Improvements over traditional methods for the evaluation and application of veterinary clinical pathology tests. *Veterinary Clinical Pathology*, 35(1), 8-17. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2006.tb00082.x>
17. Gruys, E., Toussaint, M. J. M., Niewold, T.A., & Koopmans, S.J. (2005). Acute phase reaction and acute phase proteins. *Journal of Zhejiang University. Science, B*, 6(11), 1045. <https://doi.org/10.1631/jzus.2005.B1045>
18. Hill, T. M., Vandehaar, M. J., Sordillo, L. M., Catherman, D. R., Bateman, H. G., & Schlotterbeck, R. L. (2011). Fatty acid intake alters growth and immunity in milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*, 94(8), 3936-3948. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3935>

19. Howren, M. B., Lamkin, D. M., & Suls, J. (2009). Associations of depression with C-reactive protein, IL-1, and IL-6: A meta-analysis. *Psychosomatic Medicine*, 71(2), 171-186. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181907c1b>
20. Kamel Oroumieh, S., Vanhaecke, L., Valizadeh, R., Van Meulebroek, L., & Naserian, A. A. (2020). Effect of nanocurcumin and fish oil as natural anti-inflammatory compounds vs. glucocorticoids in a lipopolysaccharide inflammation model on Holstein calves' health status. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05894>
21. Karcher, E. L., Hill, T. M., Bateman, H. G., Schlotterbeck, R. L., Vito, N., M. Sordillo, L., & Vandehaar, M. J. (2014). Comparison of supplementation of n-3 fatty acids from fish and flax oil on cytokine gene expression and growth of milk-fed Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2329-2337. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7160>
22. Lewis, M. D., & Bailes, J. (2011). Neuroprotection for the warrior: Dietary supplementation with omega-3 fatty acids. *Military medicine*, 176(10), 1120-1127. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-10-00466>
23. Liu, Y., Gong, L., Li, D., Feng, Z., Zhao, L., & Dong, T. (2003). Effects of fish oil on lymphocyte proliferation, cytokine production and intracellular signalling in weanling pigs. *Arch Tierernahr*, 57(3), 151-165. <https://doi.org/10.1080/0003942031000136594>
24. Madland, T. M., Bjorkkjaer, T., Brunborg, L. A., Froyland, L., Berstad, A., & Brun, J. G. (2006). Subjective improvement in patients with psoriatic arthritis after short-term oral treatment with seal oil. A pilot study with double blind comparison to soy oil. *The Journal of Rheumatology*, 33(2), 307-310.
25. McDonnell, R. P., O'Doherty, J. V., Earley, B., Clarke, A. M., & Kenny, D. A. (2019). Effect of supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and/or β -glucans on performance, feeding behaviour and immune status of Holstein Friesian bull calves during the pre-and post-weaning periods. *Journal of animal science and biotechnology*, 10(1):1-17. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0317-x>
26. Muturi, K. N., Scaife, J. R., Lomax, M. A., Jackson, F., Huntley, J., & Coop, R. L. (2005). The effect of dietary polyunsaturated fatty acids (PUFA) on infection with the nematodes *Ostertagia ostertagi* and *Cooperia oncophora* in calves. *Veterinary Parasitology*, 129(3-4), 273-283. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.01.009>
27. Ohtsuka, H., Higuchi, T., Matsuzawa, H., Sato, H., Takahashi, K., Takahashi, J., & Yoshino, T. O. (1997). Inhibitory effect on LPS-induced tumor necrosis factor in calves treated with chlorpromazine or pentoxifylline. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 59(11), 1075-1077. <https://doi.org/10.1292/jvms.59.1075>
28. Olson, N. C., Hellyer, P. W., & Dodam, J. R. (1995). Mediators and vascular effects in response to endotoxin. *British Veterinary Journal*, 151(5), 489-522.
29. Olsson, S. O., Viring, S., Emanuelsson, U., & Jacobsson, S. O. 1993. Calf diseases and mortality in Swedish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 34(3), 263-269. <https://doi.org/10.1186/BF03548190>
30. Ortiz-Pelaez, A., Pritchard, D., Pfeiffer, D., Jones, E., Honeyman, P., & Mawdsley, J. (2008). Calf mortality as a welfare indicator on British cattle farms. *The Veterinary Journal*, 176(2), 177-181. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.02.006>
31. Plessers, E., Wyns, H., Wateyn, A., Pardon, B., De Backer, P., & Croubels, S. (2015). Characterization of an intravenous lipopolysaccharide inflammation model in calves with respect to the acute-phase response. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 163(1-2):46-56. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2014.11.005>
32. Raboisson, D., Delor, F., Cahuzac, E., Gendre, C., Sans, P., & Allaire, G. (2013). Perinatal, neonatal, and rearing period mortality of dairy calves and replacement heifers in France. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2913-2924. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6010>
33. Rocha, D. M., Bressan, J., & Hermsdorff, H. H. (2017). The role of dietary fatty acid intake in inflammatory gene expression: A critical review. *Sao Paulo Medical Journal*, 135(2), 157-168. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2016.008607072016>
34. Roth, J., & Blatteis, C. M. (2011). Mechanisms of fever production and lysis: Lessons from experimental LPS fever. *Comprehensive Physiology*, 4(4), 1563-1604. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130033>
35. Sadeghi, S., Wallace, F. A. & Calder, P. C. (1999). Dietary lipids modify the cytokine response to bacterial lipopolysaccharide in mice. *Immunology*, 96(3), 404-410. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2567.1999.00701.x>
36. Seydel, U., Hawkins, L., Schromm, A.B., Heine, H., Scheel, O., Koch, M.H., & Brandenburg, K. (2003). The generalized endotoxic principle. *European Journal of Immunology*, 33(6), 1586-1592. <https://doi.org/10.1002/eji.200323649>
37. Stanley, J. C., Elsom, R. L., Calder, P. C., Griffin, B. A., Harris, W. S., Jebb, S. A., Lovegrove, J. A., Moore, C. S., Riemersma, R. A., & Sanders. T. A. (2007). UK Food Standards Agency Workshop Report: The effects of the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. *The British journal of nutrition*, 98(6), 1305-1310. <https://doi.org/10.1017/S000711450784284X>
38. Thies, F., Miles, E. A., Nebe-von-Caron, G., Powell, J. R., Hurst, T. L., Newsholme, E. A., & Calder, P. C. (2001). Influence of dietary supplementation with long-chain n-3 or n-6 polyunsaturated fatty acids on blood inflammatory cell populations and functions and on plasma soluble adhesion molecules in healthy adults. *Lipids*, 36(11), 1183-1193. <https://doi.org/10.1007/s11745-001-0831-4>

39. Ulevitch, R.J., & Tobias, P.S. (1999). Recognition of gram-negative bacteria and endotoxin by the innate immune system. *Current Opinion in Immunology*, 11(1), 19-22. [https://doi.org/10.1016/s0952-7915\(99\)80004-1](https://doi.org/10.1016/s0952-7915(99)80004-1)
40. Van Amersfoort, E.S., Van Berkel, T.J., & Kuiper, J. (2003). Receptors, mediators, and mechanisms involved in bacterial sepsis and septic shock. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 379-414. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.379-414.2003>
41. Wallace, F. A., Miles, E. A., & Calder, P. C. (2003). Comparison of the effects of linseed oil and different doses of fish oil on mononuclear cell function in healthy human subjects. *British Journal of Nutrition*, 89(5), 679-689. <https://doi.org/10.1079/BJN1079/2002821>
42. Wyns, H. (2014). Immunomodulation of veterinary drugs on lipopolysaccharide-induced inflammation in pigs: Influence of gamithromycin and ketoprofen on the acute phase response (Doctoral dissertation, Ghent University).
43. Zhang, H., Wang, Y., Chang, Y., Luo, H., Brito, L. F., Dong, Y., Shi, R., Wang, Y., Dong, G., & Liu, L. (2019). Mortality-culling rates of dairy calves and replacement heifers and its risk factors in Holstein cattle. *Animals (Basel)*, 9(10), 730. <https://doi.org/10.3390/ani9100730>



Effect of Harvest Stage and Ratio of Forage Sorghum to Corn Silage on Its Nutritional Value and Degradability

Nafiseh Rahmanian Sharifabad¹, Ehsan Salehifar^{2*}, Alireza Foroughi³

Received: 15-05-2021

Revised: 26-01-2022

Accepted: 08-02-2022

Available Online: 08-02-2022

How to cite this article:

Rahmanian, N., Salehifar, E., & Foroughi, A. (2023). Effect of harvest stage and ratio of forage sorghum to corn silage on its nutritional value and degradability. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 487-504.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.70346.1024](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.70346.1024)

Introduction Fodder sorghum is one of the most important forage plants in arid and semi-arid regions of the world. Maize production is low in arid and high salinity regions around the world, and sorghum due to its adaptation to arid and low water conditions, high water use efficiency, C4 photosynthetic system, high clawing power, high production capacity as wet forage, dry and Silos are a good option in these areas. In the past, sorghum was generally grown in areas that were unfavorable for growing corn, but today, with the advent of hybrid fodder sorghums, it produces under ideal conditions corn-like crops, and where moisture is a limiting factor and may have a higher yield than corn. Recently, frequent droughts in Iran have attracted the attention of farmers and livestock breeders to other forages such as sorghum, and due to the limited growing season of this forage, its use as a silo is common. Stage of growth is one of the most important factors influencing nutritional quality of fodder silages. As the fodder matures, the cytoplasmic portion of the cell reduces and the quantity of protein, lipids, soluble carbohydrates and soluble minerals decrease. Due to the drought occurrence on large parts of Iran and the adaptation of sorghum to drought conditions, a very few studies have been done on its chemical composition and nutritional value. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of plant growth stage and mixing of corn and sorghum on chemical composition and degradability of corn and sorghum silage.

Materials and Methods In order to evaluate the effects of harvesting steps and the ratio of forage sorghum blending on nutritional value and its degradability compared to corn silage, this experiment were performed using 45 experimental silos in a factorial experiment based on a completely randomize design with 15 treatments and 3 replications. Experimental groups consist of: sorghum harvest time (first factor) including: 1) before flowering (emergence of flag leaf), 2) about 10-15 percent flowering, and 3) soft seed soils. Sorghum harvested at each of the above time with forage corn with ratios of corn fodder to sorghum (second factor): 100%: 0%, 75%: 25%, 50%: 50%, 25%: 75% and % 0: 100% was mixed. Silage samples were analyzed for Dry matter, crude protein, Ash and crude fat according to AOAC (2005) methods. *In situ* ruminal degradation kinetics parameters of DM, CP and NDF of experiment treatments were estimated using the nylon bag technique. Degradation of dry matter at times zero, 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 9 hours was determined.

Results and Discussion The results of this experiment indicated dry matter, crude protein had an upward trend with growth progression. While, the amount of crude fat, soluble sugar decreased significantly with plant growth. Ash content fluctuated during the growth stages, so that its amount was the lowest in flowering stage and was the highest during the vegetative stage (before flowering). The highest pH was observed in the soft dough stages and the mixing ratio of 25% corn and 75% sorghum, which indicates more proteolysis of silage. The lowest amount of ammonia nitrogen was observed in the soft dough phase treatment with 50% corn and 50% sorghum ratio and the highest amount of lactic acid was observed in the soft dough stage treatment with

1- Graduate of M.Sc, Department of Agricultural science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agricultural science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

3- Associate Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Educatin Center, AREEO, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author Email: e.salehifar@gmail.com

100% sorghum, which may be due to increased soluble carbohydrate intake and convert it to lactic acid. Rapidly soluble fraction, degradation rate constant and effective degradability of dry matter, crude protein and cell wall at all passage rates increased significantly with increasing plant growth.

Conclusion In general, it can be concluded that harvesting corn and sorghum forage in the soft dough stage with a mixing ratio of 25% corn and 75% sorghum improves the pH of silage. Rumen degradability of silage dry matter in the soft dough stage with different levels of corn and sorghum composition can increase feed intake in livestock. Rumen degradability of silage dry matter was also higher in the soft dough stage with different levels of corn and sorghum composition than other stages, and this can reduced feed retention in the rumen and increased feed consumption in livestock. However, more research is needed to investigate the effect of feeding a mixture of corn silage and sorghum in ruminants on voluntary feed intake and production performance.

Key words: Chemical composition, Degradability, Silage, Sorghum

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۰۴-۴۸۷

اثر مرحله برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه‌ای با سیلاژ ذرت بر ارزش غذایی و تجزیه پذیری آن

نفیسه رحمانیان شریف آباد^۱، احسان صالحی فر^{۲*}، علیرضا فروغی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات مراحل برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه‌ای بر ارزش غذایی و تجزیه‌پذیری مواد مغذی آن در مقایسه با سیلاژ ذرت، آزمایشی در قالب فاکتوریل 3×5 بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در هر تیمار انجام شد. بدین جهت پس از کشت، در طی مراحل رشد (رویشی، گل‌دهی و بذردهی) برداشت صورت گرفت. از علوفه‌های چاچر شده در طی مراحل مختلف رشدی جهت سیلوسازی استفاده گردید. گروه‌های آزمایشی شامل زمان‌های برداشت سورگوم (عامل اول) شامل ۱- قبل از گل‌دهی (ظهور برگ پرچم)، ۲- حدود ۱۵-۱۰٪ گل‌دهی و ۳- خمیری نرم دانه می‌باشد. سورگوم برداشت شده در هر یک از زمان‌های فوق با ذرت علوفه‌ای با نسبت‌های ذرت علوفه‌ای به سورگوم (عامل دوم): ۱۰۰ درصد: ۰ درصد، ۷۵ درصد: ۲۵ درصد، ۵۰ درصد: ۵۰ درصد، ۲۵ درصد: ۷۵ درصد و ۰ درصد: ۱۰۰ درصد مخلوط شدند. اثر مراحل رشد گیاه نشان داد که ماده خشک، پروتئین خام، اسید لاکتیک با پیشرفت رشد روند صعودی داشت. درحالی‌که مقدار چربی خام و قند محلول با رشد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد خاکستر طی مراحل رشد نوسان داشت، به‌طوری‌که مقدار آن در مرحله گل‌دهی کمترین (۷/۵۸) و طی مرحله رویشی (قبل از گل‌دهی) بیشترین مقدار (۹/۷۳) بود. بخش سریع تجزیه، نرخ ثابت تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، پروتئین و دیواره سلولی در تمام نرخ‌های عبور با افزایش رشد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طور کلی، می‌توان گفت برداشت علوفه ذرت و سورگوم در مرحله خمیری نرم با نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم سبب بهبود pH سیلاژ می‌گردد. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک سیلاژ نیز در مرحله خمیری و نرم با سطوح مختلف ترکیب ذرت و سورگوم می‌تواند سبب افزایش مصرف خوراک در دام شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه‌پذیری، ترکیب شیمیایی، سورگوم، سیلاژ

مقدمه

فتوستتزی C₄، قدرت پنجه‌زنی زیاد، توان تولیدی بالا به‌صورت علوفه تر، خشک و سیلویی گزینه مناسبی در این مناطق است (Amer et al., 2012). در گذشته سورگوم عموماً در مناطقی کشت می‌شد که برای کشت ذرت نامساعد بود، اما امروزه با پیدایش سورگوم‌های علوفه‌ای هیبرید، در شرایط ایده‌آل و مساعد محصولی برابر با ذرت تولید می‌کند و در جایی که رطوبت عامل محدودکننده محسوب می‌شود، شاید محصول بیشتری نسبت به ذرت داشته باشد (Newman et al. 2010). یکی از عوامل ضد تغذیه‌ای سورگوم، تانن بوده که در حیوانات تک معده‌ای باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و اسیدهای آمینه می‌شود. علاوه‌براین، سورگوم همچون حاوی اسید هیدروسیانیک، آلکالوئید هوردرین و اسید فایتیک است که در طی سیلو کردن یا خشک کردن سورگوم از بین می‌رود

سورگوم علوفه‌ای یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای مناطق خشک و نیمه خشک دنیاست. تولید ذرت در مناطق خشک و شوری زیاد در سراسر جهان کم است و سورگوم به‌دلیل سازگاری با شرایط خشک و کم آب، راندمان مصرف بالای آب، سیستم

۱- کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۲- استادیار، گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۳- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: e.salehifar@gmail.com)

برداشتی، هر کدام از علوفه‌های سورگوم و ذرت به صورت جداگانه در حدود ۴۰ الی ۵۰ کیلوگرم بود. خروج اکسیژن مازاد سیلو با وسیله‌ای شبیه به هاونگ در اندازه بزرگ‌تر و از جنس چدن صورت گرفت. در انتهای لوله‌های سیلو، شیری تعبیه گردید که امکان خروج پس آب را فراهم سازد. زمانی در حدود ۴۰ روز جهت نگهداری سیلوها در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک سیلاژ، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۷۲ ساعت در آن قرار داده شده و سپس درصد ماده خشک آن‌ها تعیین گردید. برای تعیین خاکستر نمونه‌ها از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد استفاده شد. پروتئین خام و چربی خام با روش ذکر شده در AOAC (2005AOAC) و به وسیله دستگاه‌های میکروکلدال و سوکسله تعیین گردید. فیبر نامحلول در شوینده خنثی اسیدی نمونه‌ها نیز بر اساس روش روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH از هر سیلو نمونه‌های ۵۰ گرمی تهیه و به هر نمونه ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس با مخلوط کن کاملاً خرد و با پارچه متقال صاف گردید و در نهایت، pH عصاره حاصله بلافاصله توسط pH متر دیجیتالی (Metrohm Herisou, Model 140, Sweden) تعیین و ثبت گردید. نیتروژن آمونیاکی علوفه‌ها مطابق با روش لیستیرا و همکاران (Licitra et al., 1996) تعیین شد. میزان قندهای محلول گیاه با استفاده از روش فنول اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد (3Buysse and Merckx, 1999). برای تعیین اسید لاکتیک نیز از پاراهیدروکسی بی‌فنیل به عنوان معرف و از لیتیوم لاکتات برای تهیه محلول‌های استاندارد استفاده شد (Madrid et al., 1999).

ترکیب تیمارهای آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل ۳ × ۵ در پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار به شرح زیر بود:

- ۱- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
- ۲- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
- ۳- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)
- ۴- مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
- ۵- مرحله قبل از گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد
- ۶- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
- ۷- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
- ۸- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)

(Hurrell et al., 2003). سیلوسازی یکی از بهترین روش‌های حفاظت از علوفه است. هدف عمده در تهیه سیلاژ، حفظ مواد سیلاژ با حداقل هدرروی مواد مغذی است و برای رسیدن به این هدف رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک باید تحریک شود (Zhang et al., 2015). مرحله رشد یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت علوفه است (Farjan et al., 1994). با پیشرفت بلوغ محصولات علوفه‌ای، بخش سیتوپلاسمی سلول کم، کیفیت کربوهیدرات‌های محلول، لیپیدها، پروتئین‌ها و پروتئین‌های محلول کاهش می‌یابد. مرحله بلوغ هنگام برداشت گیاه نیز یکی از عوامل تعیین‌کننده احتمالی کیفیت خوراک است و برخی از پژوهشگران آن را مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر قابلیت هضم سیلاژ دانسته‌اند (Di Marco et al., 2002). به طوری که برداشت زودرس علوفه علاوه بر تلفات پس آب، به مقدار انرژی کمتر سیلو مربوط می‌شود که ناشی از تجمع نشاسته در دانه است (Khan et al., 2011). با بالغ شدن دانه‌ها، نشاسته در دانه افزایش می‌یابد، در حالی که ترکیبات نیتروژن موجود در برگ‌ها با فیبر و لیگنین جایگزین می‌شوند و ترکیب و تجزیه فیبر می‌تواند هضم را محدود کند (Jensen et al., 2005). مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه، مقدار قندهای محلول در آب، pH و نیتروژن آمونیاکی در گیاه کاهش می‌یابد، لذا زمان بهینه برداشت ذرت برای تهیه سیلاژ زمانی است که ذخیره نشاسته در دانه‌ها کامل شده باشد (Bal et al., 1997) و این مرحله با دارا بودن ۳۷-۳۳ درصد ماده خشک با ظهور یک لایه سیاه کوچک در محلی که هسته به لپه اتصال دارد، مشخص می‌شود. با توجه به خشک بودن قسمت‌های وسیعی از ایران و سازگار بودن گیاه سورگوم به شرایط خشکی، تحقیقات اندکی در خصوص ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای آن صورت گرفته است. لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر مرحله رشد گیاه و اختلاط ذرت و سورگوم بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری سیلاژ ذرت و سورگوم بود.

مواد و روش‌ها

کاشت و برداشت علوفه‌ها

در این مطالعه، گیاه سورگوم و ذرت به صورت جداگانه کاشته شد. تراکم کاشت ۲۵۰ هزار بوته در هکتار می‌باشد. برای رقم مورد نظر سورگوم هیبرید علوفه‌ای اسپیدفیدنو ۸۰ هزار بوته در هکتار و برای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. نحوه آبیاری در این مطالعه به صورت خطی بود. برداشت سورگوم در سه مرحله قبل از گل‌دهی، پنج درصد گل‌دهی و خمیری دانه انجام شد. از علوفه‌های چاپر شده در طی مراحل مختلف رشدی جهت تهیه سیلو استفاده شد. برای سیلو کردن از ظرف‌های مخصوصی از جنس لوله‌های PVC با ظرفیت تقریبی سه کیلوگرم استفاده شد، کل علوفه مورد نیاز برای هر مرحله

و پنج نوع ترکیب ذرت و سورگوم با ۱۵ تیمار و سه تکرار برای هر تیمار در پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS, 2009) رویه GLM تجزیه و تحلیل آماری شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی کرامر در سطح پنج درصد خطا استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر می‌باشد.

$$X_{ikl} = \mu + \alpha_k + \beta_1 + (\alpha\beta)_{kl} + \varepsilon_{ikl} \quad (3)$$

که در آن، X_{ikl} : مشاهدات، μ : میانگین جامعه، α_k : اثر مرحله رشد، B_1 : اثر اختلاط، $(\alpha\beta)_{kl}$: اثر متقابل مرحله رشدی و درصد اختلاط و ε_{ikl} : اثر اشتباه آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر ترکیبات شیمیایی سیلوی تهیه شده داشتند ($p < 0.05$). ماده خشک در مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم بیشترین مقدار را دارا بود که تفاوت معنی‌داری با مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسبت اختلاطی سورگوم ۷۵ درصد و ذرت ۲۵ درصد نداشت و کمترین آن مربوط به مرحله خمیری و نرم و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم می‌باشد. در تحقیق دیگری بیان شد که مقدار ماده خشک در سیلوهای سورگوم، ذرت و ارزن با پیشرفت رشد علوفه افزایش یافت (Khan *et al.*, 2011). با افزایش نسبت سورگوم، مقدار خاکستر در تیمار مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت اختلاط ذرت ۲۵ درصد و سورگوم ۷۵ درصد افزایش یافت. چن و همکاران (Chen *et al.*, 2019) نیز گزارش کردند که با افزایش نسبت یونجه در سیلاژ ترکیبی سورگوم شیرین و یونجه، مقدار خاکستر افزایش یافت. مقدار پروتئین خام در مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت از کمترین مقدار برخوردار بود. در مطالعه‌ای با افزایش مرحله بلوغ، مقدار پروتئین خام سیلوی ذرت به‌طور معنی‌داری از ۷/۳ به ۵/۳ کاهش یافت (Klicap *et al.*, 2018). در مطالعه‌ی دیگری نیز مشاهده کردند که با افزایش سن علوفه، مقدار پروتئین خام سیلاژهای سورگوم، ذرت و ارزن کاهش یافت (Khan *et al.*, 2011). ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2015) گزارش کردند که مقدار ماده خشک، خاکستر و پروتئین خام سیلو با افزایش نسبت سورگوم در ترکیب سیلاژ سورگوم و یونجه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش پروتئین خام احتمالاً به‌دلیل کاهش درصد برگ و افزایش درصد ساقه و جداره سلولی با افزایش سن گیاه می‌باشد. زیرا برگ‌ها مهم‌ترین منبع پروتئینی در اندام‌های رویشی محسوب می‌شوند (Hadjipanayiotou *et al.*, 1996). چربی نیز به‌ترتیب در مرحله خمیری و نرم با نسبت ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم و مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت اختلاط ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد

- ۹- مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
- ۱۰- مرحله پنج درصد گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد
- ۱۱- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
- ۱۲- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
- ۱۳- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)
- ۱۴- مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
- ۱۵- مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

به‌منظور انجام این آزمایش از دو رأس گاو هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. جیره‌ها حاوی ۷۰ درصد علوفه، شامل سیلاژ ذرت، سیلاژ سورگوم شیرین و یونجه خشک بود. ابتدا نمونه‌ها با استفاده از آسیاب دارای الک دو میلی‌متر آسیاب شدند. سپس مقدار پنج گرم نمونه بر اساس ماده خشک در کیسه‌های نایلونی از جنس پلی استر با ابعاد ۱۰×۱۵ سانتی متر توزین شد و با سه تکرار در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شکمبه دو گاو شیرده دارای فیستولای شکمبه‌ای مورد انکوباسیون قرار گرفت. کیسه‌های زمان صفر به‌مدت پنج دقیقه در آب ولرم خیسانده شدند و پس از شستشو به آون انتقال داده شدند. کیسه‌های مربوط به دیگر زمان‌ها پس از خارج نمودن از شکمبه بلافاصله شسته شده تا زمانی که آب زلال و شفاف خارج شود، سپس کیسه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردیدند. ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و فیبر نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از معادله پیشنهادی اورسکوف و مکدونالد (Ørskov and McDonald, 1979) که در معادله ۱ آمده است تعیین شد.

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

که در آن، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری، a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه و t: زمان انکوباسیون می‌باشد. تجزیه‌پذیری مؤثر نیز در نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$ED = a + (b \times c) / (c + k) \quad (2)$$

که در آن، ED: تجزیه‌پذیری مؤثر، a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه و k: نرخ عبور می‌باشد.

تجزیه آماری

داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح فاکتوریل با سه مرحله رشد

اثر مرحله رشد و اختلاط ذرت و سورگوم در فرآیند سیلوسازی بر pH میزان قندهای محلول، ازت آمونیاکی و اسید لاکتیک در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان pH در مرحله خمیری و نرم و نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم مشاهده شد که نشان دهنده پروتئولیز بیشتر سیلاژ می‌باشد. درحالی‌که کمترین مقدار pH در تیمار مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ۵۰ درصد ذرت و ۵۰ درصد سورگوم بود.

سورگوم بیشترین و کمترین مقدار را دارا بود. در حین عمل سیلوکردن بخشی از منابع مغذی مانند کربوهیدرات‌های قابل تخمیر و پروتئین‌های محلول توسط آنزیم‌های میکروبی و تنفسی گیاه تجزیه می‌گردد. با پیشرفت زمان این میزان افزایش و بخشی از منابع پروتئینی و کربوهیدراتی گیاه تلف می‌شوند که بدنبال آن ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ کاهش می‌یابد. در مطالعات مشخص شد که با افزایش رشد و پیشرفت بلوغ در ذرت مقدار پروتئین خام گرایش به کاهش و ماده خشک و نشاسته تمایل به افزایش دارد (Johnson et al., 2002).

جدول ۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ترکیب شیمیایی سیلو (درصد ماده خشک)

Table 1- Effect of experimental treatments on the chemical composition of silage (%DM)

تیمارها Treatments	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
اثرات اصلی Main effects				
رشد گیاه Growth stage				
مرحله قبل از گل‌دهی before bloom stage	17.93 ^{ab}	4.66 ^b	2.30 ^b	8.95 ^a
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	19.1 ^a	4.26 ^c	2.41 ^b	8.00 ^b
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	16.54 ^b	5.19 ^a	2.66 ^a	8.85 ^a
p-value	0.001	<0.0001	0.0009	0.01
اثر اختلاط گیاه Mixing effect				
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	20.15 ^a	4.95 ^a	2.81 ^a	9.29 ^a
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	17.59 ^{bc}	4.96 ^a	2.55 ^b	8.83 ^{ab}
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	17.56 ^{bc}	5.04 ^a	2.20 ^d	8.65 ^{ab}
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	15.82 ^c	3.95 ^c	2.27 ^{cd}	8.00 ^b
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	18.15 ^b	4.61 ^b	2.46 ^{bc}	8.21 ^b
احتمال معناداری p-value	0.003	<0.0001	<0.0001	0.05

ادامه جدول ۱

تیماها Treatments	ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude Protein (%)	چربی خام (درصد) Crude Fat (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
اثرات متقابل Interactions				
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد before bloom stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	19.5 ^{abc}	5.3 ^d	2.9 ^{ab}	9.7 ^a
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	14.2 ^e	5.6 ^c	2.3 ^d	9.7 ^a
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	16.9 ^{bcde}	6.2 ^a	1.4 ^g	9.5 ^a
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد before bloom stage + fodder corn 100%	16.6 ^{cde}	2.7 ^l	2.3 ^d	7.8 ^b
مرحله قبل از گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد before bloom stage + Sorghum 100%	22.2 ^a	3.2 ^k	2.4 ^{cd}	7.9 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum + 5 percent bloom stage 75%	22.1 ^a	4.3 ^h	2.2 ^{ed}	9.1 ^{ab}
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + Fodder corn 50% + sorghum 50%	18.7 ^{bcd}	4.3 ^h	2.5 ^{cd}	7.9 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	17.8 ^{bcd}	4.1 ⁱ	2.6 ^{bcd}	7.5 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	14.6 ^e	3.9 ^j	1.7 ^{fg}	7.7 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	22.1 ^a	4.5 ^g	2.9 ^{ab}	7.6 ^b
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	18.7 ^{bcd}	5.1 ^e	3.2 ^a	9.0 ^{ab}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	19.8 ^{ab}	4.9 ^f	2.8 ^{bc}	8.8 ^{ab}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد soft dough stage+ fodder corn 75% + Sorghum 25%	17.8 ^{bcd}	4.7 ^g	2.5 ^{cd}	8.8 ^{ab}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد soft dough stage+ fodder corn 100%	16.1 ^{de}	5.1 ^e	2.7 ^{bc}	8.4 ^{ab}
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد soft dough stage+ sorghum 100%	10.1 ^f	6.0 ^b	1.9 ^{fe}	9.0 ^{ab}
انحراف استاندارد SEM	0.53	0.142	0.078	0.162
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

بود. این اختلاف pH در سیلاژ به دلیل غلظت بالاتر کربوهیدرات‌های محلول در آب انتظار می‌رود (Gul et al., 2008). کلیکالپ و همکاران (Klicalp et al., 2018) کاهش خطی در مقدار pH سیلوهای تهیه شده از ذرت و سورگوم با پیشرفت بلوغ گیاه از مرحله اواسط گل‌دهی به مرحله خمیری گزارش کردند. رافیدین و همکاران

به‌طور کلی، با افزایش همزمان مرحله رشد گیاه و نسبت اختلاط ذرت و سورگوم در این مطالعه pH کاهش یافت. به‌طوری‌که در مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ترکیب ۵۰ درصد ذرت علوفه‌ای و ۵۰ درصد سورگوم ۳/۷۹، در مرحله پنج درصد گل‌دهی با ۱۰۰ درصد سورگوم ۳/۶۳ و مرحله خمیری و نرم با ۱۰۰ درصد سورگوم ۳/۶۱

کردند که با افزایش سن گیاه، مقدار قندهای محلول و نیتروژن آمونیاکی سیلوهای سورگوم، ذرت و ارزن کاهش یافت. در مقابل، مقدار اسید لاکتیک افزایش یافت (Khan et al., 2011).

نتایج ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ ذرت و سورگوم در جدول ۳ نشان داده شده است. ضریب a در مرحله رشد خمیری و نرم در نسبت‌های مختلف اختلاط ذرت و سورگوم (۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم، ۱۰۰ درصد ذرت و ۱۰۰ درصد سورگوم) بیشتر از دو مرحله دیگر بود، ولی مقدار آن تفاوت معنی‌داری با مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت نداشت. ضریب b و ثابت نرخ تجزیه (c) نیز در مرحله رشد خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بیشتر از تیمارهای دیگر بود.

هرچه بخش سریع تجزیه‌ی ماده خشک سیلاژ بیشتر باشد، ماندگاری غذا در شکمبه حیوان کمتر و سرعت عبور خوراک زیاد شده و در نتیجه، مصرف خوراک افزایش می‌یابد. مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در تمام نرخ‌های عبور در تیمار خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت از بیشترین مقدار برخوردار بود. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک علوفه‌ها با افزایش سن گیاه و افزایش دیواره سلولی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش قابلیت هضم ماده خشک مواد مغذی سیلاژ سورگوم به ترکیبات شیمیایی آن، به‌خصوص لیگنین نامحلول در اسید برگردد. گرچه زمان برداشت علوفه نیز بر بسیاری از ترکیبات شیمیایی، به‌ویژه درصد لیگنین و قابلیت هضم مؤثر است. در مطالعه‌ای با بررسی ارقام ذرت و سورگوم و مرحله رشد گیاه گزارش کردند که تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سه نرخ عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در گیاه سورگوم کمتر از ذرت بود (Klicalp et al., 2018). هر چه بخش محلول و پتانسیل تجزیه‌پذیری خوراک بالاتر باشد، نرخ تجزیه‌پذیری آن نیز بیشتر است. بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ در سورگوم در مرحله شیری بود و بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک در سورگوم با پیشرفت مرحله بلوغ، کاهش یافت (Klicalp et al., 2018). خان و همکاران (Khan et al., 2007) نشان دادند که پیشرفت مرحله برداشت علوفه، قابلیت هضم ماده خشک بهتری را فراهم می‌کند و تولید سیلو در این مرحله به‌طور بالقوه می‌تواند از تولید شیر بالاتر در گاو شیری پشتیبانی کند. در مطالعه‌ای گزارش کردند که ثابت نرخ تجزیه در سورگوم با پیشرفت بلوغ گیاه کاهش یافت و ذرت دارای بالاترین بخش سریع تجزیه در مقایسه با سورگوم بود، بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در نرخ عبور ۰/۰۲ در سورگوم در مرحله شیری مشاهده شد (Klicalp et al., 2018). کلمبینی و همکاران (Clolombini et al., 2010) نیز نشان دادند که سیلاژ ذرت دارای بخش سریع تجزیه بیشتری نسبت به سیلاژ سورگوم است که یکی از دلایل آن را بالاتر بودن اسید لاکتیک در سیلاژ ذرت عنوان

(6Rafiuddin et al., 201) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. pH پایین از تبدیل پروتئین به ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی جلوگیری می‌نماید در نتیجه بازدهی استفاده از پروتئین سیلاژ افزایش می‌یابد. دلیل pH بالا در تیمار مرحله خمیری و نرم با ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم به نیتروژن آمونیاکی بالاتر در این سیلاژ ارتباط دارد. pH سیلو ساخته شده از علوفه در سنین پایین به‌سرعت کاهش نمی‌یابد و این ممکن است به مقدار کم قندهای محلول موجود نسبت داده شود در نتیجه آمونیاک بیشتری از تجزیه پروتئین‌ها تولید می‌شود (Khan et al., 2011). کمترین مقدار نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۵۰ درصد ذرت و ۵۰ درصد سورگوم با مقدار عددی ۱۰۵/۳۳ و بیشترین مقدار اسید لاکتیک در تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم مشاهده شد (۲/۳۷) که این افزایش ممکن است ناشی از افزایش مصرف کربوهیدرات‌های محلول و تبدیل شدن آن به اسید لاکتیک باشد. به‌طوری‌که اسید لاکتیک تولیدی از این مسیر سبب کاهش pH سیلاژ با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تیمارهای مرحله خمیری و نرم در خصوص قندهای محلول نیز بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین مقدار مربوط به مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم بود ($p < 0.05$). افزایش در این مرحله احتمالاً به‌دلیل کمتر بودن مقدار دیواره سلولی سیلاژ حاصل در مرحله قبل از گل‌دهی می‌باشد، زیرا به دنبال کمتر شدن بخش فیبری سهم بخش محلول افزایش می‌یابد. سلول‌های گیاهی شکسته شده و آب گیاهان (کربوهیدرات‌های محلول) توسط پلاسمولیز آزاد می‌شوند که یک پیش نیاز برای توسعه باکتری‌های اسید لاکتیک در مراحل اولیه سیلوسازی بشمار می‌روند (McDonald, 1981). توباگو و همکاران (Tabacco et al., 2004) و خان و همکاران (Khan et al., 2007) گزارش کردند که مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب در سورگوم، ذرت و ارزن با پیشرفت بلوغ به‌دلیل تجمع نشاسته افزایش می‌یابد. مونو یا دی ساکاریدهایی که از نشاسته تجزیه می‌شوند نیز می‌توانند به‌عنوان کربوهیدرات سریع تخمیر استفاده شوند که به کاهش pH و افزایش تولید اسید لاکتیک در طی فرآیند سیلو کردن کمک می‌کنند (McDonald et al., 2002). ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2015) گزارش کردند که با افزایش نسبت سورگوم از صفر الی ۱۰۰ درصد در مخلوط سیلاژ سورگوم و یونجه، pH و نیتروژن آمونیاکی کاهش، درحالی‌که مقدار اسید لاکتیک و قندهای محلول افزایش یافت. افزایش قندهای محلول با افزایش سطح سورگوم علی‌رغم کاهش مقدار ماده خشک، نشان می‌دهد که این ترکیب‌های علوفه‌ای حداقل قندهای محلول کافی برای تخمیر مؤثر را تأمین می‌کنند (Zhang et al., 2015). در مطالعه‌ی دیگری نیز با بررسی اثر رشد گیاه بر فرآیند سیلوسازی بیان

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب، نیتروژن آمونیاکی و اسید لاکتیک

Table 2- Effect of experimental treatments on water soluble carbohydrates, ammonia nitrogen and lactic acid

تیمارها Treatments	pH	نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم بر لیتر) Ammonia nitrogen (mg/L)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (میلی گرم بر گرم) Water soluble carbohydrates (mg/g)	اسید لاکتیک (درصد) Lactic acid (%)
اثرات اصلی Main effects				
رشد گیاه Growth stage				
مرحله قبل از گل‌دهی before bloom stage	3.65	109.60	173.22 ^a	1.59 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	3.68	109.53	166.82 ^b	1.79 ^a
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	3.73	108.53	152.43 ^c	1.85 ^a
احتمال معناداری p-value	0.269	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect				
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	3.78 ^a	107.88 ^b	162.35 ^c	1.49 ^c
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	3.65 ^b	108.00 ^b	163.85 ^c	1.52 ^c
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	3.69 ^{ab}	109.88 ^{ab}	167.39 ^b	1.89 ^{ab}
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	3.65 ^b	110.77 ^a	156.09 ^d	2.03 ^a
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	3.65 ^b	109.55 ^{ab}	171.12 ^a	1.81 ^b
احتمال معناداری p-value	0.182	<0.0001	<0.0001	<0.0001

پروتئین خام در همه نرخ‌های عبور در دو تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم از بیشترین مقدار برخوردار بود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تجزیه پروتئین در شکمبه نوع پروتئین، اثر متقابل با مواد مغذی دیگر (عمدتاً کربوهیدرات‌های موجود در مواد خوراکی و محتویات داخل شکمبه) و جمعیت‌های میکروبی غالب (وابسته به نوع خوراک، نرخ عبور شکمبه‌ای و pH شکمبه) می‌باشد (Nagaraja and Titgemeyer, 2007).

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، بخش سریع تجزیه پروتئین خام در تیمار مرحله خمیری و نرم و نسبت ترکیب ۱۰۰ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ($p < 0.05$) که ممکن است به‌علت بیشتر بودن نیتروژن آمونیاکی سیلاژ باشد که توسط میکروب‌های شکمبه سریع تجزیه شده و سبب بالا رفتن بخش سریع تجزیه شده است (Rafiuddin et al., 2016). تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت اختلاط ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری دارای بخش کند تجزیه و نرخ تجزیه‌پذیری بیشتری نسبت به تیمارهای دیگر بود. تجزیه‌پذیری مؤثر

ادامه جدول ۲

Continuation of Table 2

تیمارها Treatments	pH	نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم بر لیتر) Ammonia nitrogen (mg/L)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (میلی گرم بر گرم) Water soluble carbohydrates (mg/g)	اسید لاکتیک (درصد) Lactic acid (%)
اثرات متقابل Interactions				
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	3.7 ^{ab}	108.3 ^{de}	168.1 ^{ed}	1.5 ^{ef}
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	3.5 ^d	108.3 ^{de}	173.2 ^c	1.4 ^f
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	3.6 ^{cd}	106.6 ^{ef}	178.1 ^b	1.4 ^f
مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	3.5 ^d	109.3 ^{cd}	163.3 ^f	1.7 ^{cd}
مرحله قبل از گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	3.7 ^{ab}	110.0 ^c	183.1 ^a	1.7 ^{cd}
مرحله ۵ درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	3.6 ^{cd}	108.6 ^{de}	169.3 ^{de}	1.7 ^{cd}
مرحله ۵ درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	3.6 ^{cd}	110.3 ^c	165.8 ^{ef}	1.9 ^{bc}
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	3.6 ^{cd}	111.6 ^{ab}	168.6 ^{de}	1.9 ^{bc}
مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	3.7 ^{ab}	110.0 ^c	158.2 ^g	1.9 ^{bc}
مرحله پنج درصد گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	3.6 ^{cd}	107.3 ^e	172.1 ^{cd}	1.3 ^{fgh}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	3.8 ^a	106.6 ^{ef}	149.5 ^{ij}	1.1 ^h
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	3.7 ^{ab}	105.3 ^f	152.4 ^{hi}	1.1 ^{gh}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	3.7 ^{ab}	111.3 ^{ab}	155.3 ^{gh}	2.2 ^b
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	3.6 ^{cd}	113.0 ^a	146.6 ^j	2.3 ^a
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	3.6 ^{bcd}	111.3 ^{ab}	158.1 ^g	2.3 ^a
انحراف استاندارد				
SEM				
احتمال معناداری	0.02	0.74	1.56	0.10
P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک
Table 3- Effect of experimental treatments on effective degradability of dry matter

تیمارها Treatments	a ^۲ (گرم بر گرم)	b ^۳ (گرم بر گرم)	c ^۴ (در ساعت)	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۵ در نرخ عبور ۰/۰۲ ED _{0.02}	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۶ در نرخ عبور ۰/۰۵ ED _{0.05}	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۷ در نرخ عبور ۰/۰۸ ED _{0.08}
اثرات اصلی Main effects						
رشد گیاه Growth stage						
مرحله قبل از گل‌دهی Before bloom stage	0.25 ^b	0.59 ^b	0.028 ^b	0.79 ^b	0.74 ^b	0.70 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	0.26 ^a	0.60 ^a	0.032 ^a	0.82 ^a	0.77 ^a	0.73 ^a
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	0.26 ^a	0.60 ^a	0.034 ^a	0.82 ^a	0.77 ^a	0.72 ^a
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect						
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	0.25 ^c	0.58 ^c	0.024 ^c	0.78 ^c	0.72 ^c	0.67 ^c
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25 ^c	0.58 ^c	0.026 ^c	0.78 ^c	0.72 ^c	0.67 ^c
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27 ^a	0.60 ^{ab}	0.036 ^a	0.83 ^a	0.78 ^b	0.75 ^a
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	0.27 ^a	0.61 ^a	0.040 ^a	0.84 ^a	0.81 ^a	0.77 ^a
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	0.26 ^b	0.59 ^b	0.031 ^b	0.81 ^b	0.76 ^b	0.72 ^b
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

هضم‌پذیری گیاهان تأثیر دارد. عاملی که تأثیر زیادی بر مقدار و نرخ تجزیه‌پذیری دیواره سلولی گیاهان دارد وجود لیگنین است، به طوری که بین تجزیه‌پذیری مواد آلی موجود در شکمبه و لیگنین رابطه منفی وجود دارد (Costa et al., 2016). گیاهان بلند در مقایسه با گیاهان کوتاه، بافت لیگنینی بیشتری دارند و در نتیجه، قابلیت هضم را کاهش می‌دهند و در گیاهان برداشت شده در مرحله دانه شیرینی نسبت به مرحله خمیری و سخت، بخش فیبری قابلیت هضم بیشتری دارند. با این وجود، در مرحله خمیری و سخت، تجمع ماده خشک در دانه می‌تواند کاهش قابلیت هضم ماده خشک ساقه را جبران کند (Costa et al., 2016). این اختلافات را می‌توان به مراحل بلوغ سورگوم در سیلاژ و نسبت ساقه، برگ و دانه‌های سیلو شده نسبت داد.

نتایج تجزیه‌پذیری NDF سیلاژ ذرت و سورگوم در جدول ۵ گزارش شده است. ضریب a در دو تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت‌های ۱۰۰ درصد ذرت و ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم بیشتر از تیمارهای دیگر بود (p<0.05). درحالی که در تیمار مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. بخش کند تجزیه در مرحله رشدی خمیری و نرم با نسبت‌های ۱۰۰ درصد ذرت، ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم و ثابت نرخ تجزیه در نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بیشترین مقدار را دارا بود (p<0.05). بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تمام نرخ‌های عبور مربوط به تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بود که می‌توان این افزایش را به بالاتر بودن بخش سریع تجزیه در این تیمار نسبت داد. با تکامل دوره رشد گیاه و افزایش نسبت کربوهیدرات‌های ساختمانی همچون سلولز، همی سلولز و لیگنین، درصد فیبر گیاه بیشتر شده که مستقیماً بر

تیمارها Treatments	a ^۲	b ^۲	c ^۴	تجزیه پذیری ^۵	تجزیه پذیری ^۶	تجزیه پذیری ^۷
				مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲	مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵	مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸
			(در ساعت)	ED _{0.02}	ED _{0.05}	ED _{0.08}
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.25 ^e	0.58 ^{gh}	0.025 ^{gh}	0.78 ^a	0.73 ^f	0.68 ^f
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25 ^{de}	0.58 ^{gh}	0.025 ^{gh}	0.78	0.73 ^f	0.68 ^f
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.24 ^{ef}	0.58 ^{gh}	0.021 ^{hi}	0.76	0.70 ^{ef}	0.66 ^g
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.26 ^c	0.59 ^{fg}	0.032 ^{ef}	0.81	0.77 ^{de}	0.73 ^e
مرحله قبل از گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.26 ^c	0.60 ^e	0.034 ^{def}	0.82	0.78 ^d	0.74 ^{de}
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25%+Sorghum 75%+5 percent bloom stage	0.26 ^c	0.59 ^{fg}	0.029 ^{fg}	0.81	0.76 ^e	0.72 ^e
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.27 ^b	0.61 ^{cd}	0.039 ^{cd}	0.85	0.81 ^c	0.77 ^{bc}
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27 ^b	0.61 ^{cd}	0.042 ^{bc}	0.85	0.81 ^c	0.78 ^{bc}
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.27 ^b	0.61 ^{cd}	0.036 ^{de}	0.84	0.80 ^c	0.76 ^{cd}
مرحله پنج درصد گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.23 ^e	0.56 ⁱ	0.018 ^{ij}	0.73	0.66 ^h	0.61 ^h
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24 ^d	0.57 ^g	0.017 ^{ij}	0.75	0.68 ^{fg}	0.62 ^h
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.23 ^e	0.56 ⁱ	0.013 ^j	0.71	0.63 ^h	0.57 ⁱ
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.28 ^a	0.62 ^{ab}	0.047 ^{ab}	0.87	0.84 ^a	0.80 ^a
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.28 ^a	0.63 ^a	0.050 ^a	0.88	0.85 ^a	0.82 ^a
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.28 ^a	0.62 ^{ab}	0.043 ^{bc}	0.87	0.83 ^b	0.80 ^a
انحراف استاندارد SEM						
احتمال معناداری	0.003	0.003	0.002	0.005	0.004	0.005
P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^۱ میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

^۲ بخش سریع تجزیه

^۳ بخش کند تجزیه

^۴ ثابت نرخ تجزیه

^۱ Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

^۲ Rapidly soluble fraction

^۳ Potentially degradable insoluble fraction

^۴ Degradation rate constant

^{۵, ۶, ۷} Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h.

جدول ۴- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام
Table 4- Effect of experimental treatments on effective degradability of crude protein

تیمارها Treatments	a ^۲ (گرم بر گرم)	b ^۳ (گرم بر گرم)	c ^۴ (در ساعت)	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۵ در نرخ عبور ۰/۰۲ ED _{0.02}	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۶ در نرخ عبور ۰/۰۵ ED _{0.05}	تجزیه‌پذیری مؤثر ^۷ در نرخ عبور ۰/۰۸ ED _{0.08}
اثرات اصلی Main effects						
رشد گیاه Growth stage						
مرحله قبل از گل‌دهی Before bloom stage	0.25 ^b	0.50 ^b	0.022 ^b	0.70 ^b	0.65 ^b	0.61 ^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	0.27 ^a	0.51 ^a	0.027 ^a	0.74 ^a	0.69 ^a	0.66 ^a
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	0.27 ^a	0.52 ^a	0.027 ^a	0.74 ^a	0.69 ^a	0.65 ^a
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect						
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24 ^d	0.49 ^c	0.020 ^c	0.68 ^c	0.63 ^b	0.57 ^c
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25 ^d	0.50 ^{bc}	0.023 ^b	0.70 ^b	0.65 ^b	0.61 ^b
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27 ^b	0.52 ^a	0.028 ^a	0.76 ^a	0.71 ^a	0.67 ^a
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	0.28 ^a	0.53 ^a	0.030 ^a	0.77 ^a	0.73 ^a	0.69 ^a
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	0.26 ^c	0.51 ^b	0.025 ^b	0.72 ^b	0.67 ^b	0.64 ^b
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

نتیجه‌گیری کلی

سورگوم بیشتر از مراحل دیگر بود و این امر می‌تواند سبب کاهش ماندگاری خوراک در شکمبه و افزایش مصرف خوراک در دام شود. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بررسی تأثیر تغذیه مخلوط سیلوی ذرت و سورگوم در نشخوارکنندگان بر مصرف اختیاری خوراک و عملکرد تولید آن‌ها نیاز است.

به‌طور کلی، از نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان این چنین استنباط کرد که برداشت علوفه ذرت و سورگوم در مرحله خمیری نرم با نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم سبب بهبود pH سیلاژ می‌گردد. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک سیلاژ نیز در مرحله خمیری و نرم با سطوح مختلف ترکیب ذرت و

ادامه جدول ۴

Continuation of Table 4

تیمارها Treatments	a ^۲	b ^۳	c ^۴	تجزیه پذیری ^۵ مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲	تجزیه پذیری ^۶ مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵	تجزیه پذیری ^۷ مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸
	(گرم بر گرم)	(گرم بر گرم)	(در ساعت)	ED _{0.02}	ED _{0.05}	ED _{0.08}
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24 ^h	0.50 ^{gh}	0.020 ^e	0.69 ^d	0.64 ^f	0.59 ^e
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.24 ^h	0.49 ^{hi}	0.016 ^{ef}	0.67 ^d	0.61 ^g	0.56 ^{ef}
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.25 ^{fg}	0.49 ^{hi}	0.020 ^e	0.69 ^d	0.64 ^f	0.60 ^d
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.26 ^f	0.52 ^{ef}	0.026 ^d	0.74 ^c	0.69 ^{de}	0.65 ^d
مرحله قبل از گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.26 ^f	0.50 ^{gh}	0.026 ^d	0.72 ^c	0.67 ^e	0.64 ^d
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	0.27 ^{de}	0.51 ^{fg}	0.026 ^d	0.74 ^c	0.69 ^{de}	0.66 ^d
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.28 ^{cd}	0.55 ^b	0.036 ^{ab}	0.80 ^a	0.76 ^{ab}	0.73 ^{ab}
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27 ^{de}	0.52 ^{ef}	0.026 ^d	0.75 ^{bc}	0.70 ^d	0.66 ^d
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.29 ^b	0.53 ^{cd}	0.030 ^{cd}	0.78 ^{ab}	0.74 ^c	0.70 ^e
مرحله پنج درصد گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.23 ^{hi}	0.47 ^k	0.015 ^f	0.64 ^e	0.58 ^g	0.53 ^f
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.22 ⁱ	0.47 ^k	0.013 ^f	0.62 ^e	0.55 ^h	0.51 ^g
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.23 ^{hi}	0.46 ^k	0.016 ^{ef}	0.63 ^e	0.58 ^g	0.53 ^{fg}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.29 ^b	0.57 ^a	0.039 ^a	0.83 ^a	0.79 ^a	0.76 ^a
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.29 ^b	0.53 ^{cd}	0.034 ^b	0.79 ^a	0.75 ^{bc}	0.71 ^{bc}
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.30 ^a	0.55 ^b	0.033 ^{bc}	0.81 ^a	0.77 ^{ab}	0.74 ^a
انحراف استاندارد						
SEM	0.004	0.005	0.001	0.002	0.004	0.004
احتمال معناداری						
P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^۱ میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

^۲ بخش سریع تجزیه

^۳ بخش کند تجزیه

^۴ ثابت نرخ تجزیه

^۱ Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

^۲ Rapidly soluble fraction

^۳ Potentially degradable insoluble fraction

^۴ Degradation rate constant

^{۵, ۶, ۷} Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h.

ادامه جدول ۵

Continuation of Table 5

تیمارها Treatments	a ^۲ (گرم بر گرم)	b ^۳ (گرم بر گرم)	c ^۴ (ساعت)	تجزیه پذیری مؤثر ^۵ در نرخ عبور ۰/۰۲ ED _{0.02}	تجزیه پذیری مؤثر ^۶ در نرخ عبور ۰/۰۵ ED _{0.05}	تجزیه پذیری مؤثر ^۷ در نرخ عبور ۰/۰۸ ED _{0.08}
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.01 ^{bc}	0.4 ^c	0.3 ^c	0.3 ^b
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.3 ^b
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.01 ^{bc}	0.4 ^c	0.3 ^c	0.3 ^b
مرحله قبل از گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.3 ^b
مرحله قبل از گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.4 ^a
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	0.3 ^a	0.5 ^b	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.3 ^b
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.4 ^a
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.6 ^a	0.4 ^{ab}	0.4 ^a
مرحله پنج درصد گل دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.5 ^b	0.4 ^{ab}	0.4 ^a
مرحله پنج درصد گل دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.009 ^c	0.4 ^c	0.3 ^c	0.3 ^b
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.01 ^{bc}	0.4 ^c	0.3 ^c	0.3 ^b
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.2 ^b	0.5 ^b	0.007 ^d	0.4 ^c	0.3 ^c	0.3 ^b
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.6 ^a	0.5 ^a	0.4 ^a
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.02 ^a	0.6 ^a	0.5 ^a	0.4 ^a
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.3 ^a	0.6 ^a	0.01 ^{bc}	0.6 ^a	0.4 ^{ab}	0.4 ^a
انحراف استاندارد						
SEM	0.004	0.006	0.001	0.001	0.004	0.002
احتمال معناداری	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^۱ میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

^۲ بخش سریع تجزیه

^۳ بخش کند تجزیه

^۴ ثابت نرخ تجزیه

^۱ Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

^۲ Rapidly soluble fraction

^۳ Potentially degradable insoluble fraction

^۴ Degradation rate constant

^{۵, 6, 7} Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h

References

1. Amer, S., Hassanat, F., Berthiaume, R., Seguin, P. & Mustafa, A. F. (2012). Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and *in vitro* gas production of forage millet and forage sorghum silages. *Animal Feed Science and Technology*, 177, 23–29. DOI: [10.22067/ijasr.2022.70346.1024](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.70346.1024)
2. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
3. Bal, M. A., Coors, J.G. & Shaver, R. D. (1997). Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 80, 2497-2503.
4. Buysse, J., & Merckx, R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany*, 44, 1627-1629.
5. Chen, L., Dong, Z., Li, J. & Tao, S. (2019). Ensiling characteristics, *in vitro* rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *Journal of Science Food Agriculture*, 99, 2140–2151.
6. Colombini, S., L. Rapetti, D., Colombo, G.Galassi, M. & Crovetto, G.M. (2010). Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Italian Journal of Animal Science*, 9, 273-277.
7. Costa, R. F., Pires, D. A. A., Moura, M. M. A., Rodrigues, J. A. S., Junior, V. R. R. & Tolentino, D. C. (2016). In situ degradability of dry matter and fibrous fraction of sorghum silage. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(2), 171-176.
8. Di Marco, O., Aello, M., Nomdedeu, M. & Van Houtte, S. (2002). Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and *in vitro*). *Animal Feed Science and Technology*, 99, 37–43.
9. Fariani, A., Warly, L., Matsui, T. A., Fujihara, T. & Harumoto, T. (1994). Rumen degradability of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*, L) harvested at three different growth stages in sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 7 (1), 41-48.
10. Javadi, H., Saberi, M.H., Azari nasrabad, A. & khosravi, S. (2010). Examination the effect of quantities and style of distribution of nitrogen manure on quantitative and qualitative characteristics of speed feed sorghum. *Journal of Iranian Animal Science*, 8, 384-392. (In Persian).
11. Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Mahanna, W. C., Shinnars, K. & Linder, D. (2002). Corn Silage Management: Effects of Maturity, Inoculation, and Mechanical Processing on Pack Density and Aerobic Stability. *Journal of Dairy Science*, 85(2),434–444.
12. Jensen, C., Weisbjerg, M.R., Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2005). Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 118, 279–294.
13. Hurrell, R.F., Reddy, M.B., Juillerat, M. A. & Cook, J.D. (2003). Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. 77, 1213-1219.
14. Gul, I., Demirel, R., Kilicalp, N., Sümerli, M. & Kılıç, H. (2008). Effect of crop maturity stages on yield, silage chemical composition and *in vivo* digestibility of the maize, sorghum and sorghum-Sudan grass hybrids grown in semi-arid condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7, 1021-1028.
15. Hadjipanayiotou, M., Antoniou, I., Theodoridou, M. & Photiou, A. (1996). In situ degradability of forages cut at different stages of growth. *Journal of Livestock Production Science*, 45, 49-53.
16. Khan, S. H., Azim, A., Sarwar, M. & Khan, A.G. (2011). Effect of maturity on comparative nutritive value and fermentation characteristics of maize, sorghum and millet silage. *Pakistan Journal of Botany*, 43(6), 2967-2970.
17. Khan, S. H., Khan, G. A., Sarwar, M. & Azim, A. (2007). Effect of maturity on production efficiency, nutritive value and *in situ* nutrients digestibility of three cereal fodders. *International Journal of Agriculture Research*, 2, 900-909.
18. Klicalp, N., Hizli, H., Sumerli, M. & Avci, M. (2018). In situ rumen degradation characteristics of maize, sorghum and sorghum-Sudan grass hybrids silages as affected by stage of maturity. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(2), 231-239.
19. Licitra, G., Hernandez, T.M. & Van soest, P.J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 57, 347-358.
20. Madrid, J., Martinez, A., Hernandez, F. & Megies, M. (1999). A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal of Science Food Agriculture*, 79, 1722-1726.
21. McDonald, P. (1981). The biochemistry of silage. John Wiley and Sons, Ltd. Chichester, United Kingdom.
22. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. (2002). Animal nutrition, 6th ed., John Willey & Sons, New York.
23. Nagaraja, T.G. & Titgemeyer, E.C. (2007). Ruminant acidosis in beef cattle: the current microbiological and

- nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90 (1), E17-38.
24. Newman, Y., Erickson, J., Vermerris, W. & Wrigh, D. (2010). Forage sorghum (sorghum bicolor): overview and management. Florida cooperative extension service. Available at: <http://edis.lfas.ufl.edu>.
25. Ørskov, E. R. & McDonald, P. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, 92, 499-503.
26. Rafiuddin, A., Javed, M., Jabbar, K. Shahid, M.A., Jan, M.Q.P., Khan, S., Ramzan, M.A. & Hamdullah, M. (2016). Impact of flowering stage on nutritive value, physical quality and digestibility of silages made from cereal fodders. *Applied Ecology Environmental Research*, 14: 149-157.
27. Rezvani Moghadam, M. & Nasiri mahalati, M. (2004). Examination of dry matter digestibility and persons of protein of three type of forage sorghum in different time of cut. *Iranian Animal Science Magazin*, 35, 787-796.
28. SA Institute. (2009). SAS User's Guide. Version 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
29. Tabacco, E., Borreani, G., Valente, M.E. & Peiretti, P.G. (2004). Dry matter and water soluble carbohydrate content of Italian rye grass at affected by environmental factors. *Italian Journal of Agronomy*, 8, 63-74.
30. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
31. Zhang, S.J., Chaudhry, A.S. Osman, A., Shi, C.Q., Edwards, G.R., Dewhurst, R.J. & Cheng, L. (2015). Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 206, 29-38.



Effect of Free-Choice Provision of Alfalfa, *Prangos ferulacea* and Concentrate on Digestibility and Feeding Behavior of Arab Male Lambs

Vida Aryamanesh¹, Mohsen Sari^{2*}, Morteza Chaji³, Mohammad Boojarpour⁴, Somayyeh Salari²

Received: 22-09-2021

Revised: 07-02-2022

Accepted: 14-02-2022

Available Online: 14-02-2022

How to cite this article:

Aryamanesh, V., Sari, M., Chaji, M., Boojarpour, M., & Salari, S. (2022). Effect of free-choice provision of alfalfa, *Prangos ferulacea* and concentrate on digestibility and feeding behavior of Arab male lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 505-518.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.72624.1040](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.72624.1040)

Introduction Ruminants require roughage in their diets to maximize production and to maintain health by sustaining a stable environment in the rumen. There is a need to identify local plants that can offer high quality forage to local ruminants. *P. ferulacea* (family: Umbelliferae) is a valuable forage grass found in high mountain areas of South-east Iran. Local farmers cut and wilt the plant, prior to feeding it to sheep.

Sheep are selective and spend a lot of time selecting and sorting feed materials. Domestic livestock are herbivores that evolved to eat a wide array of vegetal species and typically select a diverse diet even when their nutritional requirements can be met by ingesting a single feed. A free-choice feeding method partially mimics nature and facilitates selection based on nutrient requirements that fluctuate along with feed quality and availability. Also, this method requires less use of manpower and equipment.

The information available regarding the effects of ad libitum supply of concentrate and the possibility of free-choice provision of forage in lambs is very limited. Also, limited data is available concerning nutritional behaviors of lambs fed high-concentrate diets, and this information is even more limited in terms of providing feed-choice. The aim of this study was to investigate the effect of free-choice provision of two forage sources including alfalfa and *P. ferulacea* in addition to concentrate on digestibility and behavior of Arabian lambs.

Materials and Methods A total of 18 male lambs of Arabic breed with an average of 90 ± 8 (SD) days of age and body weight of 19 ± 3 (SD) kg were used in the study in a completely randomized design for 45 days. Lambs were housed individually in pens (1.3 m×1.5 m) in an open shed building. Cages were separated by a metal fence with a bar design that allowed contact between animals. The animals were randomly assigned to one of the three experimental diets including free choice between; 1- alfalfa hay and concentrate, 2- *P. ferulacea* and concentrate, and 3- alfalfa, *P. ferulacea* and concentrate. The lambs were fed the total mixed rations ad libitum once daily at 0800 h and had free access to fresh water at all times.

Essential oils of *P. ferulacea* were identified using gas chromatography–mass spectrometry. Samples taken for DM and chemical analysis were oven-dried at 55 °C for 48 h and then ground to pass through a 1- mm screen. Chemical analyses were performed in duplicate. Feed offered and refusal of each lamb were recorded daily. Digestibility was measured by total collection of feces during a 5-d period. The behavior of lambs was recorded with nine video cameras that were connected to a digital video recorder. Video recordings continuously observed visually for each lamb over a 48-h period. Recorded activities were registered together with their beginning and ending times. Data for each activity are reported as the total time, expressed in minutes, in which the lamb maintained this specific activity. Chewing behavior was divided into eating and ruminating.

1- Former M.Sc. Student, Department of Animal Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.

2- Associate Professor, Department of Animal Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.

3- Professor, Department of Animal Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.

4- Associate Professor, Department of Animal Science, Torbat Jam Higher Education Complex, Khorasan Razavi, Iran.

*Corresponding Author Email: m.sari@asnrukh.ac.ir

Intake and digestibility data were analyzed using a GLM procedure of SAS 9.2. Multiple mean comparison were carried out using Tukey's test. Animal behavior from video recordings was analyzed using a GLIMMIX procedure of SAS. Comparison. For the different statistical tests, significance was declared at $P < 0.05$.

Results and Discussion The compounds of α -bisabolol, β -Pinene, α -Pinene and δ -3-carene had the highest amounts among *P. ferulacea* essential oils. Free-choice provision of two forages increased dry matter intake and the proportion of consumed forage compared to other treatments. Forbes and Provenza (22) reported that in free-choice provision between forage and concentrate, ruminants allocate about 20% of the dry matter intake to forage. This finding is in an agreement with observed ratio of forage consumption in treatments with one forage source but is less than the observed value in the treatment with free access to two forages (36.2%). Among the mechanisms that may be involved in this increase is the greater diversity of forages that act as a stimulus for its consumption. Lambs consumed *P. ferulacea* as the only forage source showed higher digestibility of dry matter, organic matter, NDF and ADF compared to other treatments. Low lignin content of *P. ferulacea* compared to alfalfa is one of the main reasons for its higher digestibility. Lambs receiving *P. ferulacea* as the only source of forage had the lowest time spent eating per day compared to the other treatments. When animals were given a choice between alfalfa and *P. ferulacea*, the time spent eating increased significantly compared to *P. ferulacea* alone. Lambs that had access to two sources of forage had the lowest feeding time per gram of NDF and ADF compared to other treatments. This decrease could be due to the higher consumption of dry matter as well as NDF and ADF in this treatment compared to other treatments. Lambs that had access to two forage sources spent more time ruminating compared to the alfalfa recipient treatment. The highest duration of rumination per gram of NDF and ADF was observed in *P. ferulacea* treatment as the only source of forage. It has been shown that the chewing per gram of forage NDF is higher in animals with lower NDF intake (4). In this regard, Grant (24) suggested that there is an adaptive mechanism when consuming low-forage diets by increasing chewing per gram of forage NDF. Non-nutritional behaviors including self grooming, licking and biting fixed objects and laying time were not affected by treatments.

Conclusion Providing two forage sources instead of one source, led to an increase in dry matter intake. The higher digestibility of dry matter, organic matter, NDF and ADF in the treatment of *P. ferulacea* compared to alfalfa indicates the high nutritional value of this forage. Due to the limited information available on free concentrate supply and the lack of examination of rumen and liver health indicators in the present study, any practical conclusion regarding ad libitum concentrate intake requires further research.

Keywords: Digestibility, Feeding behavior, Free choice, Medicinal forage.

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۱۸-۵۰۵

تأثیر انتخاب آزاد یونجه، جاشیر و کنسانتره بر قابلیت هضم و رفتار مصرف خوراک بره‌های نر

عربی

ویدا آریامش^۱، محسن ساری^{۲*}، مرتضی چاجی^۳، محمد بوجارپور^۴، سمیه سالاری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

چکیده

تأثیر انتخاب آزاد بین منابع علوفه‌ای یونجه و جاشیر به همراه کنسانتره بر هضم و رفتارهای تغذیه‌ای ۱۸ رأس بره نر عربی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار به مدت ۴۵ روز مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل انتخاب آزاد بین ۱- یونجه و کنسانتره، ۲- جاشیر و کنسانتره، ۳- یونجه، جاشیر و کنسانتره بود. به دلیل اهمیت روغن‌های اسانسی گیاه جاشیر، این ترکیبات اندازه‌گیری شدند و ترکیبات آلفا بیسابولول، بتاپینن، آلفا پینن و دلتا-۳- کارن بیشترین مقادیر را داشتند. امکان انتخاب بین دو علوفه در تیمار سوم، مصرف ماده خشک و نسبت علوفه مصرفی را در مقایسه با دیگر تیمارها افزایش داد. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، NDF و ADF در تیمار دوم، حاوی جاشیر به‌عنوان تنها علوفه، بالاتر از دیگر تیمارها بود و کمترین زمان خوردن در روز در این تیمار مشاهده شد. مدت زمان خوردن به‌ازای گرم NDF و ADF مصرفی در تیمار سوم با انتخاب آزاد بین دو علوفه کمترین مقدار را داشت. بره‌های تیمار انتخاب آزاد یونجه و جاشیر نسبت به تیمار دریافت‌کننده یونجه مدت زمان بیشتری را صرف نشخوار نمودند. بیشترین مدت زمان نشخوار به‌ازای گرم NDF و ADF مصرفی در تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها علوفه مشاهده شد. در کل، انتخاب آزاد بین دو منبع علوفه بجای یک منبع، افزایش مصرف خوراک را به دنبال داشت. استفاده از علوفه جاشیر به‌عنوان تنها علوفه جیره اگر چه قابلیت هضم را بهبود بخشید، اما موجب کاهش مصرف مواد مغذی شد. پیشنهاد می‌شود، این علوفه به همراه یک علوفه دیگر مانند یونجه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: انتخاب آزاد، رفتار مصرف خوراک، علوفه دارویی، قابلیت هضم

مقدمه

علوفه در این شرایط می‌تواند موجب کاهش منابع آبی زیرزمینی شود. برای حل مشکل کمبود علوفه بهره‌برداری مناسب از گیاهان و علوفه‌های بومی امری اجتناب‌ناپذیر است. جاشیر (*Prangos ferulacea* L.) از جمله گیاهان با خواص علوفه‌ای، حفاظتی و دارویی از تیره چتریان است که به صورت گسترده در جنوب و جنوب غرب ایران رشد می‌کند و در برخی از مناطق یکی از گیاهان مهم در تأمین

اغلب جیره‌های مرحله نهایی دوره پرورار حاوی درصد بالایی از مواد متراکم هستند و نشاسته بخش قابل توجهی از ترکیب شیمیایی آن‌ها را تشکیل می‌دهد (Sari et al., 2015). در برخی شرایط از جمله خشکسالی تأمین هزینه بخش علوفه‌ای بسیار بالا است و استفاده از آن‌ها هزینه‌های تولید را افزایش داده و علاوه بر آن، تولید

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ملاتانی، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. استان خوزستان، اهواز، ملاتانی، ایران.

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. استان خوزستان، اهواز، ملاتانی، ایران.

۴- دانشیار، گروه علوم دامی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی تربت جام، ایران.

* نویسنده مسئول: (Email: m.sari@asnruk.ac.ir)

متراکم و فراهم نمودن امکان انتخاب و مصرف اختیاری علوفه به صورت جداگانه در گوسفند بسیار محدود است. مطالعات چندانی در رابطه با رفتارهای تغذیه‌ای و غیرتغذیه‌ای بره‌هایی که با جیره‌های پرکنسانتره تغذیه می‌شوند، در دست نیست و این اطلاعات در شرایط فراهم نمودن امکان انتخاب خوراک، محدودتر نیز می‌باشد. همچنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، مطالعه‌ای که اثرات مصرف انتخابی کنسانتره آزاد با یک گیاه علوفه‌ای با خواص دارویی به همراه یونجه را بر قابلیت هضم و رفتار مصرف خوراک نشخوارکنندگان مورد مقایسه قرار داده باشد، در دسترس نیست. با توجه به استفاده قابل توجه از علوفه جاشیر در تغذیه گوسفند در برخی مناطق کشور، هدف از این مطالعه، بررسی اثر انتخاب آزاد یونجه، جاشیر و کنسانتره بر قابلیت هضم مواد مغذی و رفتار مصرف خوراک بره‌های عربی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت اجرای این آزمایش تعداد ۱۸ رأس بره نر عربی با سن 8 ± 9 روز و میانگین وزن 3 ± 19 کیلوگرم، به مدت ۴۵ روز در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. دام‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه با شش تکرار تقسیم شده و در جایگاه انفرادی قرار گرفتند. آب، کنسانتره و علوفه‌ها در سه ظرف جداگانه، به‌صورت تغذیه آزاد، در اختیار حیوان قرار داشتند. ترتیب قرار گرفتن ظروف غذا در همه تیمارها تصادفی بود. تیمارهای آزمایشی شامل انتخاب آزاد بین ۱- یونجه و کنسانتره، ۲- جاشیر و کنسانتره، ۳- یونجه، جاشیر و کنسانتره بود. گیاه جاشیر از شهر یاسوج به‌صورت خشک شده تهیه شد. در هر جایگاه دو حیوان کنار هم قرار داشتند و هر دام با همسایه مجاور خود توسط میله فلزی جدا می‌شد، به‌طوری‌که آن‌ها می‌توانستند همدیگر را ببینند و با همدیگر تماس فیزیکی داشته باشند، ولی به غذای یکدیگر دسترسی نداشتند. خوراک روزانه در یک وعده غذایی (ساعت هشت صبح) توزین و در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت. مصرف خوراک به‌صورت روزانه ثبت می‌شد و جهت اطمینان از مصرف آزاد خوراک، ۱۰ درصد خوراک بیشتر در نظر گرفته می‌شد. ترکیب کنسانتره در همه تیمارها ثابت بود. ترکیب کنسانتره شامل دانه جو آسیاب شده (۴۰ درصد ماده خشک)، دانه ذرت آسیاب شده (۳۰ درصد ماده خشک)، کنجاله سویا (۲۷/۴ درصد ماده خشک)، آهک (۰/۸ درصد ماده خشک)، مکمل معدنی- ویتامینه (۱/۲ درصد ماده خشک) و نمک (۰/۶ درصد ماده خشک) بود. حیوانات طی دوره‌ای ۱۰ روزه به کنسانتره آزاد عادت داده شدند و طی آزمایش بررسی روزانه مدفوع دام‌ها و خوراک مصرفی جهت اطمینان از عدم رخداد اسیدوز صورت می‌پذیرفت. از روز ۴۰ آزمایش، کل مدفوع دام‌ها به مدت پنج روز جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم جمع‌آوری شد. جهت انجام محاسبات مربوط به قابلیت هضم از نمونه‌های خوراک، باقی‌مانده

علوفه زمستانی دام‌ها به‌شمار می‌آید (Azarfard, 2008). خواص دارویی، ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی این گیاه در مطالعات مختلف نشان داده شده است (Razavi et al., 2010; Coruh et al., 2007). بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که آلفا-پینن و بتا-پینن، دو روغن اسانسی غالب در بخش‌های هوایی این گیاه می‌باشند (Razavi et al., 2010 Amiri, 2007). متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌وسیله اختلال در ساختار دیواره سلولی، انتقال الکترون، شیب یونی، انتقال پروتئین، مراحل فسفوریلاسیون و سایر واکنش‌های وابسته به آنزیم، فعالیت ضد میکروبی خود را اعمال می‌کنند (Dorman and Deans, 2000) استفاده از این ترکیبات به‌عنوان جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد به‌صورت فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Calsamiglia et al., 2007). همچنین، متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌دلیل امکان اثرگذاری بر سیستم ایمنی، می‌توانند موجب بهبود سلامتی و عملکرد نشخوارکنندگان شوند (Redoy et al., 2020; El-Essawy et al., 2021).

رفتار مصرف خوراک توسط حیوان علاوه بر اینکه از ویژگی‌های خوراک نظیر شکل فیزیکی و ترکیبات شیمیایی آن تبعیت می‌کند، می‌تواند متأثر از عوامل محیطی نظیر درجه حرارت محیط یا ویژگی‌های فردی و ژنتیکی حیوان نیز باشد (Forbes, 2007). مصرف خوراک در میان مدت و دراز مدت تحت تأثیر ذخایر بدنی و احتیاجات حیوان قرار می‌گیرد، اما کنترل کوتاه‌مدت مصرف خوراک مرتبط با هموستاز و حفظ ثبات شرایط بدن می‌باشد که بر انتخاب غذا و نحوه مصرف خوراک مؤثر است (Forbes, 2007). انتخاب آزاد یک روش تغذیه حیوانات است که در آن به هر دام اجازه داده می‌شود که خودش غذایش را انتخاب کند و از جمله مزایای آن می‌توان به تأمین انفرادی نیازهای حیوان و کاهش وازدگی دام از مصرف خوراک‌های یکنواخت اشاره نمود (Catanese et al., 2013). همچنین این روش نیاز کمتری به استفاده از نیروی انسانی و نیز تجهیزات دارد.

متابولیت‌های ثانویه گیاهی تنوع بسیار زیادی دارند و تأثیر آن‌ها بر رفتار مصرف خوراک متفاوت بوده است. گزارش شده است که ترکیبات لیپیدی غنی از روغن اسانسی منتول موجب افزایش زمان مصرف خوراک و دفعات مراجعه به آخور در گوسفند شده است (Patra et al., 2019). در پژوهشی دیگر، استفاده از محصولات فرعی حاوی تانن در جیره بره‌های پرواری تغذیه شده با جیره‌های پرکنسانتره افزایش مدت زمان مصرف خوراک در روز و نیز مقدار مصرف در هر بار مراجعه به آخور را به دنبال داشت (Iraira et al., 2015). در گاوهای تغذیه شده با جیره‌های پرکنسانتره نیز استفاده از ترکیبات فیتوژنیک در جیره موجب افزایش مدت زمان مصرف غذا و نشخوار کردن شد (Castillo-Lopez et al., 2021).

اگر چه نشخوارکنندگان به سطح حداقلی از فیبر علوفه‌ای در جیره نیازمند هستند، ولی اطلاعات موجود در رابطه با عرضه آزاد مواد

مدت زمان بر حسب دقیقه ارائه شدند (Karamnejad et al., 2019). رفتار جویدن به غذا خوردن و نشخوار تقسیم شد. رفتار غذا خوردن زمانی در نظر گرفته شد که حیوان پوزه خود را در ظرف غذا فرو می‌برد و در حال مصرف و بلع خوراک بود. نشخوار به صورت برگشت، جویدن و بلع لقمه غذا در نظر گرفته شد. وقتی که بره پوزه خود را در ظرف آب می‌کرد یا آب می‌نوشید، به عنوان رفتار مصرف آب ثبت شد. زمانی که حیوان در حالت نشسته رفتار جویدن نداشت و فعالیت آشکاری نشان نمی‌داد، به عنوان رفتار نشستن در نظر گرفته شد. رفتارهای غیر تغذیه‌ای خود تیماری، لیسیدن و گاز گرفتن اشیاء ثابت مورد بررسی قرار گرفت. رفتار خودتیماری به عنوان لیسیدن غیر یکنواخت بدن یا خاراندن بدن با پای عقبی یا به کمک اشیاء ثابت ثبت شد. رفتار لیسیدن و گاز گرفتن اشیاء ثابت وقتی که بره‌ها با دندان خود میله‌های قفس و سیم و فنس جداکننده ظرف‌های غذا و آب را با دهان می‌گرفتند در نظر گرفته شد (Karamnejad et al., 2019). مدت زمان و تعداد دفعات برای هر فعالیت رفتاری هر گوسفند در هر بار شناسایی و در صفحه نرم‌افزار اکسل ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2003) نسخه ۹/۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۰/۰۵ انجام گرفت و تمایل به معنی‌داری تا ۰/۱ در نظر گرفته شد. مدل آماری طرح به صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که Y_{ij} : مقدار مشاهده شده، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر آمین تیمار و e_{ij} : خطای آزمایش بود. برای اندازه‌گیری اثر هر فعالیت رفتاری در هر تیمار از رویه GLIMMIX نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد (Karamnejad et al., 2019; Iraira et al., 2012).

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی مواد خوراکی

ترکیب شیمیایی یونجه، جاشیر و کنسانتره مصرفی در جدول ۱ آورده شده است. محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و پروتئین خام در جاشیر، نزدیک به مقادیری بود که کاسکن و همکاران (Coskun et al., 2004) در نمونه‌های برداشت شده در ترکیب گزارش کردند که به ترتیب ۳۴/۷، ۲۸/۵ و ۱۰/۰ درصد ماده خشک بود. مقدار خاکستر مشاهده شده، بیشتر از مقداری بود که در پژوهش مذکور گزارش شده بود (۱۲/۱) در برابر ۷/۱ درصد ماده خشک (Coskun et al., 2004). همچنین آنالیز گزارش شده توسط آلدمیر و همکاران (Aldemir et al., 2015) برای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۳۵/۸ درصد) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۲۱/۷ درصد) همخوانی قابل قبولی با داده‌های آزمایش حاضر داشت، ولی در مورد پروتئین خام (۹/۸۰ در برابر ۱۷/۰ درصد) اختلاف قابل توجه بود. این محققین، تفاوت در محتوای پروتئین خام

خوراک و مدفوع که در دوره نمونه‌گیری تهیه شده بود، استفاده شد و قابلیت هضم با در نظر گرفتن اختلاف بین ماده مغذی مصرفی و دفعی، محاسبه شد.

خوراک و باقی‌مانده در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت برای آنالیز شیمیایی خشک شدند. نمونه‌ها طبق روش‌های استاندارد برای ماده خشک، پروتئین خام، ADF و خاکستر با روش AOAC (AOAC, 2005)، NDF با روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) آنالیز شدند. ماده مغذی مصرفی روزانه از اختلاف بین خوراک ارائه شده و باقی‌مانده محاسبه شد. همچنین میزان لیگنین (Van Soest et al., 1991)، کل ترکیبات فنولی (Makkar, 2000) و مقدار تانن کل (Makkar et al., 1993) اندازه‌گیری شدند. شناسایی ترکیبات اسانس استخراج شده با تزریق ۰/۵ میکرولیتر اسانس به دستگاه گاز کروماتوگرافی شرکت Agilent مدل 6890A (ایالات متحده آمریکا) حاوی ستون HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۵ میکرومتر) متصل به طیف‌سنج جرمی مدل Agilent 5975 انجام پذیرفت. دمای ابتدایی ستون ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود و پس از پنج دقیقه توقف در این دما، دما با سرعت سه درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و سپس دما با سرعت ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا رسیدن به دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت پنج دقیقه در این دما متوقف شد. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل به کار گرفته شد. دمای محفظه تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۴۰ و ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. طیف‌سنج جرمی با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت به کار گرفته شد. شناسایی نوع ترکیبات اسانس با کمک طیف نرمال آلکان‌ها (C8-C24) و به دست آوردن شاخص بازداری آن‌ها (شاخص کوآتر) و مقایسه با شاخص کوآتر (KI) گزارش شده ترکیبات در نرم‌افزار NIST07 و مقایسه طیف جرمی هر یک از اجزای ترکیبات اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه wiley7n.1 موجود در دستگاه GC/MS و جدول آدامز صورت پذیرفت (Adams, 2007). میزان درصد ترکیبات موجود در اسانس مورد بررسی با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل Agilent 6890A مجهز به آشکارساز FID با شرایط فوق و با استفاده از سطح زیر منحنی پیک‌ها محاسبه شد (Hojjati et al., 2020).

برای بررسی رفتار دام‌ها از نه دستگاه دوربین رنگی دیجیتال (۱۲- v، مدل IFA7050)، مجهز به نور مادون قرمز برای ضبط ویدئو در شب، یک دستگاه ضبط دیجیتال (مدل set ds7216hi vision) به همراه مانیتور که در اتاق مجاور محوطه نگهداری دام‌ها تعبیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. رفتار حیوانات در هفته آخر ثبت شد. استخراج داده‌ها با بررسی فیلم‌های ضبط شده از رفتار هر بره به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. فعالیت‌های ثبت شده با هم و با در نظر گرفتن زمان دقیق شروع و پایان بررسی می‌شدند. داده‌ها برای هر فعالیت به عنوان مجموع

همکاران (Coruh et al., 2007) مقدار کل ترکیبات فنولیک جاشیر را ۶/۵ درصد ماده خشک گزارش کردند که با مقدار اندازه‌گیری شده در آزمایش حاضر (۷/۳ درصد ماده خشک) تطابق قابل قبولی دارد.

در آزمایش خود با مقادیر گزارش شده توسط کاسکن و همکاران (Coskun et al., 2004) را نتیجه‌ای از اختلاف در وارپته و نیز محل گردآوری گیاه و شیوه‌ی خشک کردن در آزمایشگاه دانستند. کرو و

جدول ۱- ترکیب شیمیایی یونجه، جاشیر و کنسانتره مورد استفاده (درصد از ماده خشک)

Table 1- Chemical composition of alfalfa, *Prangos ferulacea* and concentrate (% of DM)

	یونجه Alfalfa	جاشیر <i>Prangos ferulacea</i>	کنسانتره Concentrate mixture
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	50.0	33.8	15.3
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	31.2	23.1	6.6
لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی ADL	8.20	2.50	-
پروتئین خام Crude protein	14.6	9.80	19.4
عصاره اتری Ether extract	1.50	3.40	2.60
خاکستر Ash	12.5	12.1	4.8
تانن کل Total tannin	-	3.32	-
کل ترکیبات فنولیک Total phenolic compounds	-	7.34	-

جدول ۳ نشان داده شده است. مصرف ماده خشک در تیمار سوم، با امکان انتخاب بین دو منبع علوفه‌ای، در مقایسه با تیمارهای اول و دوم، افزایش یافت ($P < 0.05$). مطالعه‌ای که تأثیر انتخاب آزاد بین یک یا دو منبع علوفه‌ای را بر مصرف خوراک مورد بررسی قرار داده باشد، در دست نیست، با این حال باومونت و همکاران (Baumont et al., 2000) گزارش نمودند که انگیزه مصرف غذا در شرایط متنوع بودن آن در مقایسه با مصرف غذاهای یکنواخت، افزایش می‌یابد. البته این انگیزه بالاتر الزاماً منتهی به مصرف بیشتر غذا نمی‌شود (Catanese et al., 2013) و ممکن است در افزایش سرعت مصرف خوراک انعکاس یابد. در آزمایش ایرایرا و همکاران (Iraira et al., 2012) تلیسه‌هایی که حق انتخاب بین خوراکی‌ها را داشتند، کنسانتره بیشتر و کل ماده خشک بیشتری نسبت به حیوانات تغذیه شده با جیره کاملاً مخلوط مصرف نمودند. این محققین نتیجه‌گیری نمودند که فراهم نمودن حق انتخاب و افزایش تنوع مواد خوراکی در دسترس، می‌تواند موجب افزایش مصرف ماده خشک شود که با نتیجه به‌دست آمده در آزمایش حاضر مطابقت دارد. در مقابل، مویا و همکاران (Moya et al., 2011) گزارش کرد که تلیسه‌های دو رگه زمانی که با جیره مخلوط (۱۰ به ۹۰ سیلاژ ذرت به کنسانتره) تغذیه شدند نسبت به وقتی که هر دو خوراک را جداگانه دریافت می‌کردند مصرف ماده خشک مشابهی داشتند.

روغن‌های اسانسی موجود در اسانس جاشیر در جدول ۲ آورده شده است. بررسی متابولیت‌های ثانویه موجود در اسانس این گیاه نشان می‌دهد که ترکیبات آلفا بیسابولول، بتاپینن، آلفا پینن و دلتا-۳-کارن به ترتیب با ۱۷/۵، ۱۶/۶، ۱۲/۵ و ۱۲/۲ درصد بیشترین مقادیر را در میان روغن‌های اسانسی موجود در گیاه به خود اختصاص داده‌اند. مطالعات محدودی متابولیت‌های ثانویه این گیاه دارویی را گزارش نموده‌اند که نتایج آزمایش حاضر در توافق با یافته‌های اخگر (Akhgar, 2011) می‌باشد که در آن بتا پینن و ۳-کارن را به‌عنوان ترکیبات غالب موجود در اسانس جاشیر معرفی نموده‌اند. همچنین نشان داده شده است که بخش‌های هوایی این گیاه در مرحله گل‌دهی غنی از روغن ضروری آلفا-پینن است (۵۷ درصد) (Razavi, 2012). امیری (Amiri, 2007) نیز روغن‌های اسانسی غالب در اسانس جاشیر را ترکیبات مونوترپنی به‌ویژه آلفا پینن و بتاپینن معرفی کرد. اختلافات مشاهده شده در متابولیت‌های ثانویه موجود گیاهان دارویی می‌تواند نتیجه‌ای از تأثیر شرایط اقلیمی، تنش‌های محیطی و زیست بومی باشد که گیاه در آن رشد یافته است (Akhgar, 2011).

مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین مصرف مواد مغذی و همچنین نسبت علوفه به کنسانتره مصرفی در هر تیمار در کل دوره آزمایش در

جدول ۲- ترکیب روغن‌های اسانسی موجود در جاشیر

Table 2- Essential oils composition of *Prangos ferulacea*

ترکیب Component	شاخص بازداری Kovats index	درصد ترکیب Composition (%)
آلفا پینن α - pinene	939	12.45
بتا پینن β - pinene	979	16.55
میرسن Myrcene	991	5.20
دلتا ۳ کارن δ -3-carene	1011	12.15
پی سیمن p- cymene	1020	5.26
بتا فلاندرن β - phellandrene	1030	5.52
پی سرسول p- cresol	1077	4.81
آلفا ترپینولن α - terpinolene	1189	5.04
سیس آلفا بیسابولن Cis-alpha bisabolene	1507	5.18
آلفا بیسابولول α - bisabolol	1686	17.47
اوستول Osthole	2148	6.86

اسانس‌های گیاهی افزوده شده بود را نشان دادند. این محققین کاهش در خوش‌خوراکی جیره را به‌عنوان دلیل کاهش مشاهده شده در مصرف ماده خشک مطرح نمودند. در مطالعه‌ای دیگر، اثر ممانعت‌کنندگی روغن‌های اسانسی به‌دست آمده از برخی گیاهان غیرخوش‌خوراک حاوی متابولیت‌های ثانویه بر برخی ریزجانداران شکمبه (Oh *et al.*, 1968) گزارش شده است. با این حال، کاردوزو و همکاران (Cardozo *et al.*, 2006) در پژوهشی با افزودن عصاره بادیان رومی (هم‌خانواده جاشیر) به جیره پرکنسانتره گاوهای پرواری، اختلافی در مصرف ماده خشک مشاهده نکردند.

مصرف ماده خشک در بره‌های دریافت‌کننده جاشیر اختلاف معنی‌داری با بره‌های تغذیه شده با یونجه نداشت. موافق با این یافته، آذرفرد (Azarfard, 2008) با جایگزین نمودن یونجه با جاشیر در جیره گوسفندان پرواری لری تفاوتی در مصرف ماده خشک گزارش نکرد. محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی در علوفه ارتباط نزدیکی با مصرف ماده خشک دارد (Allen, 2000). سطح بالاتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در جاشیر مورد استفاده در آزمایش می‌تواند توجیه‌کننده اختلاف مشاهده شده باشد. نتایج مشابهی نیز توسط ایلامی (Eilami, 2008) با استفاده از سطوح مختلف جایگزینی یونجه با جاشیر در جیره بره‌های نر پرواری گزارش شده است. از سوی دیگر، جاشیر علوفه‌ای است که حاوی متابولیت‌های ثانویه می‌باشد که الگوی روغن‌های اسانسی موجود در آن در جدول ۲ گزارش شده است. همچنین وجود ترکیبات فنولیک به‌ویژه تانن در جاشیر می‌تواند زمینه‌ساز کاهش مصرف ماده خشک باشد. تاسول و شاور (Tassoul and Shaver, 2009) کاهش در مصرف ماده خشک در گاوهای شیرده تازه‌زا تغذیه شده با جیره‌ای که به آن مخلوطی از

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف مواد مغذی (گرم در روز)
Table 3- The effect of treatments on nutrient intake (g/day)

مورد Item	تیمارها Treatments			SEM	P-value
	یونجه Alfalfa	جاشیر <i>Prangos ferulacea</i>	یونجه و جاشیر Alfalfa and <i>Prangos ferulacea</i>		
ماده خشک Dry matter	1005.7 ^b	876.8 ^b	1308.5 ^a	75.7	0.003
ماده آلی Organic matter	938.8 ^b	820.7 ^b	1209.4 ^a	65.5	0.003
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	236.9 ^b	169.3 ^c	341.4 ^a	24.7	0.001
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	125.3 ^b	89.3 ^c	191.3 ^a	11.7	0.002
پروتئین خام Crude protein	183.6 ^b	151.8 ^c	224.1 ^a	15.3	0.001
علوفه Forage	23.8 ^b	21.7 ^b	36.2 ^a	5.08	0.001
کنسانتره Concentrate	76.2 ^a	78.3 ^a	63.8 ^b	5.08	0.001

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

جداگانه به دام عرضه می‌شود، مصرف علوفه کمتر است و حیوان تمایل بیشتری به مصرف کنسانتره دارد که با نتیجه به‌دست آمده در مطالعه حاضر در تطابق است. فوربز و پروونزا (Forbes and Provenza, 2000) نیز گزارش کردند که در انتخاب آزاد بین علوفه و کنسانتره، نشخوارکنندگان حدود ۲۰ درصد از ماده خشک مصرفی را به علوفه اختصاص می‌دهند. این یافته تطابق قابل قبولی با نسبت علوفه مصرفی در تیمارهای با یک منبع علوفه دارد، ولی از مقدار مشاهده شده در تیمار با دسترسی آزاد به دو علوفه (۳۶/۲ درصد) کمتر است. از جمله سازوکارهایی که ممکن است در این افزایش مصرف علوفه دخیل باشد، می‌توان به تنوع بیشتر خوراک به‌عنوان یک عامل محرک مصرف خوراک (Charles et al., 2012) اشاره کرد. پیشنهاد شده است که یکنواختی خوراک مصرفی، می‌تواند در گوسفند موجب وزدگی حیوان از مصرف خوراک شود و دادن حق انتخاب به حیوان می‌تواند از سیری ناشی از عدم تنوع در ویژگی‌های حسی خوراک بکاهد (Provenza, 2013; Catanese et al., 1996). وزدگی از خوراک‌هایی که حیوان به دفعات آن‌ها را مصرف کرده و یا به‌مقدار بیش از اندازه در اختیار داشته و در مقابل، ترجیح حیوان به مواد خوراکی جایگزین یا موادی با طعم متفاوت، گزارش شده است (Provenza, 1996). این پدیده به‌عنوان سیری وابسته به ویژگی‌های حسی شناخته می‌شود (Rolls, 1986). به نظر می‌رسد این پدیده بتواند توضیح‌دهنده افزایش مشاهده شده در شرایط فراهمی تنوع بالاتری از مواد خوراکی باشد. به‌دلیل محدودیت اطلاعات موجود، جمع‌بندی در این رابطه نیازمند انجام

اختلاف موجود در ترکیب علوفه‌های مورد استفاده از یک سو و افزایش مصرف ماده خشک در شرایط امکان انتخاب بین منابع علوفه، اختلاف در مصرف مواد مغذی را به دنبال داشت. لازم به ذکر است که یکی از اهداف از پژوهش حاضر، مقایسه مصرف اختیاری دام از منابع مختلف علوفه و تأثیر منبع علوفه بر مصرف خوراک دام بود. بیشترین مصرف ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و پروتئین خام در تیمار با دسترسی همزمان به دو منبع علوفه مشاهده شد که نتیجه‌ای از بالاتر بودن مصرف ماده خشک در این تیمار، در مقایسه با دیگر تیمارها بود. مصرف الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و پروتئین خام در تیمار دریافت‌کننده یونجه بالاتر از تیمار دریافت‌کننده جاشیر بود. نکته جالب توجه، عدم تفاوت بین نسبت علوفه مصرفی در تیمارهای با یک منبع علوفه (به‌ترتیب ۲۳/۸ و ۲۱/۷ درصد علوفه از کل ماده خشک مصرفی در تیمارهای یونجه و جاشیر) و افزایش نسبت مصرف اختیاری علوفه، در تیمار با دسترسی آزاد به دو منبع علوفه‌ای (۳۶/۲ درصد) بود. اگر چه در چند پژوهش، بین عرضه آزاد و خوراک کاملاً مخلوط، در گوساله شیرخوار (EbnAli et al., 2016)، تلیسه‌های پروری (Iraira et al., 2015) و گوساله‌های پروری (Moya et al., 2014) مقایساتی انجام شده، ولی پژوهشی که عرضه بیش از یک منبع علوفه‌ای به‌صورت آزاد را در مقایسه با یک منبع علوفه‌ای مورد بررسی باشد، در دست نیست. ایرایرا و همکاران (Iraira et al., 2012) بیان نمودند که در پروراندگی گوساله با جیره‌های پر کنسانتره، وقتی که علوفه و کنسانتره به‌صورت

پژوهش‌های بیشتر می‌باشد.

آزمایشگاهی ماده خشک و ماده آلی و قابلیت هضم ماده آلی علوفه جاشیر بیشتر از علوفه یونجه بود که می‌تواند توجیه‌کننده نتیجه آزمایش حاضر باشد. از سوی دیگر، نشان داده شده است که با کاهش مصرف ماده خشک، مدت زمان ماندگاری در دستگاه گوارش افزایش می‌یابد که این مهم، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی را به دنبال خواهد داشت (Huhtanen et al., 2016). این ساز و کار نیز می‌تواند توضیح‌دهنده بخشی از افزایش مشاهده شده در قابلیت هضم مواد مغذی در تیمار دریافت‌کننده جاشیر باشد.

قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه‌ای در مقایسه با یونجه بالاتر بود و تیمار عرضه‌کننده هر دو منبع علوفه‌ای اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر نداشت. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گوسفندان تغذیه شده با جاشیر بالاتر از دیگر تیمارها بود (به ترتیب $P=0.004$ و $P=0.001$). کاسکن و همکاران (Coskun et al., 2004) در آزمایشی مشاهده کردند که تجزیه‌پذیری

جدول ۴- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

Table 4- Effect of dietary treatments on nutrients apparent digestibility

مورد Item	تیمارها Treatments			SEM	P-value
	یونجه Alfalfa	جاشیر Prangos ferulacea	یونجه و جاشیر Alfalfa and Prangos ferulacea		
ماده خشک Dry matter	57.9 ^b	74.0 ^a	65.5 ^{ab}	3.67	0.033
ماده آلی OM	41.2 ^b	65.4 ^a	55.0 ^{ab}	5.39	0.020
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	45.4 ^b	72.6 ^a	50.3 ^b	5.10	0.004
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	39.9 ^b	60.5 ^a	43.3 ^b	3.09	0.001
پروتئین خام Crude protein	76.4	81.8	82.3	2.72	0.256

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$).

Means within same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

و جاشیر داده شد، مدت زمان مصرف غذا افزایش قابل توجهی در مقایسه با جاشیر به‌تنهایی نشان داد (۱۸۶/۷ در برابر ۱۴۱/۹ دقیقه در روز). حیوانات اهلی عموماً گیاهخوارانی هستند که طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی را می‌خورند و به‌طور معمول حتی وقتی که بتوانند نیازهای تغذیه‌ای خود را با خوردن یک نوع خوراک برطرف کنند، باز هم یک جیره خوراکی متنوع را انتخاب می‌کنند (Provenza, 1996). جانسون و دوریس (Johnston and DeVries, 2015) مشاهده کردند که ارتباط مثبتی بین مدت زمان مصرف خوراک و مقدار ماده خشک مصرفی وجود دارد و با کاهش مدت زمان مصرف خوراک، ماده خشک مصرفی نیز کاهش می‌یابد که این یافته در تطابق با مصرف کمتر ماده خشک در تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه می‌باشد. در مقابل، در مطالعه ایرایرا و همکاران (Iraira et al., 2012) با افزایش در مصرف ماده خشک، مدت زمان مصرف غذا تحت تأثیر قرار نگرفت. تیمار دریافت‌کننده انتخاب آزاد بین دو منبع علوفه در مقایسه با دیگر تیمارها کمترین مدت زمان خوردن به‌ازای گرم NDF و ADF را داشت. این کاهش به‌دلیل مصرف بیشتر ماده خشک و نیز NDF

ترکیب شیمیایی علوفه از جمله ویژگی‌های اثرگذار بر قابلیت هضم آن است. کمتر بودن مقدار لیگنین جاشیر نسبت به یونجه (۲/۵ درصد در برابر ۸/۲ درصد (جدول ۱) از جمله دلایل اصلی بالاتر بودن قابلیت هضم آن می‌باشد. جاشیر در مقایسه با یونجه مقدار کمتری فیبر نامحلول در شوینده خنثی (۳۳/۸ درصد در مقایسه با ۵۰/۰ درصد ماده خشک) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (۲۳/۱ درصد در مقایسه با ۳۱/۲ درصد ماده خشک) دارد که در کنار کربوهیدرات غیرفیبری بالاتر (۴۰/۹ درصد در برابر ۲۱/۴ درصد در ماده خشک) می‌تواند از جمله دلایل بیشتر بودن قابلیت هضم در تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه باشد.

رفتارهای تغذیه‌ای و غیرتغذیه‌ای

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رفتار مصرف غذا در جدول ۵ نشان داده شده است. حیوانات دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه‌ای کمترین زمان صرف شده برای غذا خوردن در روز را در مقایسه با دو تیمار دیگر داشتند ($P=0.01$). وقتی به حیوان امکان انتخاب بین یونجه

زمان‌های اوج مصرف، تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگر چه در آزمایش حاضر سرعت مصرف غذا تحت تأثیر قرار نگرفت، ولی به نظر می‌رسد علوفه جاشیر در مقایسه با یونجه به دلیل دارا بودن ترکیبات معطر و تانن، الگوی مصرف غذا را از طریق کاهش مدت زمان مصرف غذا در هر بار تحت تأثیر قرار داده باشد (۱/۰ در برابر ۱/۴ دقیقه به ترتیب در تیمار جاشیر و یونجه).

ADF در این تیمار در مقایسه با دیگر تیمارها می‌باشد. دیویس و اسمیت (Davis and Smith, 1988) این نکته را مورد اشاره قرار دادند که خوش خوراکی غذا از طریق تغییر سرعت و دفعات مصرف غذا، مقدار ماده خشک مصرفی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ویلالبا و همکاران (Villalba et al., 2011) بیان نمودند که وجود ترکیبات معطر در جیره گوسفند الگوی مصرف را با کاهش سرعت مصرف غذا، به‌ویژه در

جدول ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رفتار مصرف غذا در بره‌ها

Table 5- Effect of dietary treatments on eating behavior of lambs

مورد Item	تیمارها Treatments			SEM	P-value
	یونجه Alfalfa	جاشیر Prangos ferulacea	یونجه و جاشیر Alfalfa and Prangos ferulacea		
مصرف غذا Eating					
دقیقه در روز Min/d	189.2 ^a	141.9 ^b	186.7 ^a	25.2	0.01
دقیقه به‌ازای گرم NDF مصرفی Min/g NDF intake	0.613 ^a	0.626 ^a	0.494 ^b	0.066	0.04
دقیقه به‌ازای گرم ADF مصرفی Min/g ADF intake	1.20 ^a	1.41 ^a	0.84 ^b	0.22	0.05
غذای مصرفی در هر بار (گرم) Intake per visit (g)	8.51	7.53	10.42	1.74	0.73
مدت مصرف غذا در هر بار (دقیقه) Time spent per visit (min)	1.40 ^a	1.03 ^b	1.23 ^{ab}	0.213	0.034
سرعت مصرف غذا (گرم ماده خشک در دقیقه) Eating rate (g DM/min)	5.80	7.12	8.30	2.32	0.64

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

بیان نمودند که سطح مصرف خوراک، زمان نشخوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با افزایش مصرف خوراک زمان نشخوار نیز افزایش می‌یابد که با افزایش مشاهده شده در تیمار دارای انتخاب آزاد یونجه و جاشیر که مصرف خوراک بیشتری داشت، مطابق است. در پژوهشی دیگر، کسکین و همکاران (Keskin et al., 2004) با مقایسه سیستم انتخاب آزاد خوراک (کافه تریا) و سیستم خوراک یکنواخت (یک خوراک) در بره‌ها گزارش کردند که مدت زمان نشخوار در تیمار انتخاب آزاد بیشتر بود. لازم به ذکر است که نسبت علوفه مصرفی در تیمار عرضه همزمان دو منبع علوفه‌ای، بیشتر از عرضه هر یک از منابع به‌تنهایی بود که بیشتر بودن مدت زمان نشخوار در این تیمار می‌تواند نتیجه‌ای از بیشتر بودن مصرف NDF علوفه‌ای باشد (Allen, 2000).

اثر تیمارهای آزمایشی بر رفتار نشخوار و جویدن در جدول ۶ نشان داده شده است. تیمار انتخاب آزاد یونجه و جاشیر نسبت به تیمار دریافت‌کننده یونجه مدت زمان بیشتری را صرف نشخوار کرده بود و تیمار جاشیر اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر نداشت (به ترتیب ۴۲۳/۶، ۴۵۷/۰ و ۴۹۲/۱ دقیقه در روز در تیمارهای یونجه، جاشیر و هردو منبع علوفه‌ای؛ $P = 0.01$). در آزمایش حاضر بره‌ها به‌طور میانگین ۴۵۷ دقیقه در روز را صرف نشخوار کردند. عوامل مختلفی مدت زمان نشخوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در یک مطالعه رفتاری انجام شده توسط دوسی و همکاران (Do Thi et al., 2002) مشاهده شد که بره‌ها ۲۸۲ دقیقه در روز را صرف خوردن و ۵۰۴ دقیقه در روز را صرف نشخوار کردن می‌کنند که با مدت زمان مشاهده شده در آزمایش حاضر تطابق قابل قبولی دارد. کیروز و همکاران (Queiroz et al., 2001)

جدول ۶- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رفتار نشخوار و جویدن بره‌ها

Table 6- Effect of dietary treatments on ruminating and chewing behavior of lambs

مورد Item	تیمارها Treatments			SEM	P-value
	یونجه Alfalfa	جاشیر <i>Prangos ferulacea</i>	یونجه و جاشیر Alfalfa and <i>Prangos ferulacea</i>		
نشخوار کردن Ruminating					
دقیقه در روز Min/d	423.6 ^b	457.0 ^{ab}	492.1 ^a	25.6	0.01
دقیقه به‌ازای گرم ماده خشک مصرفی Min/g DMI	0.384 ^{bc}	0.453 ^a	0.316 ^c	0.032	0.04
دقیقه به‌ازای گرم NDF مصرفی Min/g NDF intake	1.31 ^b	2.03 ^a	1.32 ^b	0.214	0.05
دقیقه به‌ازای گرم ADF مصرفی Min/g ADF intake	2.80 ^b	4.53 ^a	2.21 ^b	0.607	0.03
جویدن Chewing					
دقیقه در روز Min/d	612.9 ^b	598.9 ^b	678.8 ^a	31.2	0.01
دقیقه به‌ازای گرم NDF مصرفی Min/g NDF intake	1.93 ^b	2.60 ^a	1.84 ^b	0.221	0.03
دقیقه به‌ازای گرم ADF مصرفی Min/g ADF intake	4.13 ^{bc}	5.91 ^a	3.01 ^c	0.734	0.04

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

۷ نشان داده شده است. رفتارهای غیر تغذیه‌ای شامل خود تیماری، لیسیدن و گاز گرفتن اشیای ثابت و نشستن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. در مطالعه مولی و همکاران (Molle *et al.*, 2009) روی رفتار مصرف خوراک گوسفند در پاسخ به مصرف علوفه سولا که حاوی تانن می‌باشد، مشاهده شد که زمان نشستن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. نشان داده شده است که رفتارهای غیر تغذیه‌ای دهانی در شرایطی که حیوان با تنش روبرو است افزایش می‌یابد (Ridge *et al.*, 2020). استفاده از پوسته انار به‌عنوان منبع تانن در تغذیه بره‌های پرواری تغذیه شده با جیره‌های پر کنسانتره، تأثیری بر رفتار لیسیدن و گاز گرفتن اشیای ثابت نداشت (Karamnejad *et al.*, 2019). اطلاعات بسیار محدودی در رابطه با رفتارهای غیر تغذیه‌ای در گوسفند در دسترس می‌باشد، اما در کل، به نظر می‌رسد فراهم نمودن امکان انتخاب بین دو منبع علوفه در مقایسه با یک منبع علوفه به‌تنهایی و نیز عرضه علوفه‌ای حاوی متابولیت‌های ثانویه در مقایسه با یونجه به‌عنوان یک علوفه معمول، تأثیری بر رفتارهای غیر تغذیه‌ای در حیوانات آزمایشی نداشته است.

بیشترین مدت زمان نشخوار به‌ازای گرم NDF و ADF مصرفی در تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه‌ای مشاهده شد (به ترتیب $P = 0.05$ و $P = 0.03$). نشان داده شده است که میزان جویدن به‌ازای هر کیلوگرم NDF علوفه‌ای چه در مورد فعالیت خوردن و چه در مورد نشخوار در جیره‌های دارای نسبت پایین‌تر NDF مصرفی، بیش‌تر است (Allen, 1997) که با نتایج حاضر که تیمار دریافت‌کننده جاشیر به‌عنوان تنها منبع علوفه، کمترین مصرف NDF و ADF را داشته هم‌خوانی دارد. در همین راستا، گرنٹ (Grant, 1997) پیشنهاد کرد یک سازوکار تطبیقی در زمان مصرف جیره‌های کم علوفه به‌صورت افزایش جویدن به‌ازای هر کیلوگرم NDF علوفه‌ای وجود دارد. بیشترین زمان فعالیت جویدن که هر دو فعالیت خوردن و نشخوار را در بر می‌گیرد، در تیمار با انتخاب آزاد یونجه و جاشیر مشاهده شد ($P < 0.05$). با توجه به بیشتر بودن مصرف ماده خشک و نیز مقدار علوفه مصرفی در تیمار انتخاب آزاد یونجه، جاشیر و کنسانتره، افزایش مشاهده شده در مدت زمان جویدن در این تیمار، منطقی به نظر می‌رسد. اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی از رفتارهای غیر تغذیه‌ای در جدول

جدول ۷- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رفتارهای غیر تغذیه‌ای بره‌ها

Table 7- Effect of dietary treatments on non-nutritional behavior of lambs

مورد Item	تیمارها Treatments			SEM	P-value
	یونجه Alfalfa	جاشیر <i>Prangos ferulacea</i>	یونجه و جاشیر Alfalfa and <i>Prangos ferulacea</i>		
رفتارهای غیر تغذیه‌ای Non-nutritional behavior					
خود تیماری (دقیقه در روز) Self-grooming (min/d)	31.1	21.7	32.0	6.73	0.68
لیسیدن و گاز گرفتن اشیاء ثابت (دقیقه در روز) Licking and biting fixed objects, (min/d)	12.0	17.9	21.3	10.8	0.79
نشستن (دقیقه در روز) Lying (min/d)	407.7	392.6	389.5	18.6	0.57

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه با یونجه نشان‌دهنده ارزش بالای تغذیه‌ای این علوفه است. با توجه به محدود بودن اطلاعات در دسترس در مورد تغذیه آزاد کنسانتره و عدم بررسی شاخص‌های سلامت بافتی، در آزمایش حاضر جمع‌بندی در رابطه با عرضه کنسانتره آزاد نیازمند انجام پژوهش‌های بیشتری است.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر حمایت مالی از این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

اهداف اصلی این مطالعه، بررسی عرضه جداگانه و آزاد علوفه و کنسانتره از یک سو و استفاده از جاشیر به‌عنوان گیاهی با خواص علوفه‌ای و دارویی در شرایط مصرف انتخابی در مقایسه با یونجه بود. حیوانات با رعایت عادت‌پذیری، جیره‌ها را بدون هیچ گونه تأثیر منفی بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی یا الگوی رفتاری مصرف غذا مورد استفاده قرار دادند. عرضه دو منبع علوفه به‌جای یک منبع، افزایش مصرف ماده خشک را به دنبال داشت. بالاتر بودن قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، NDF و ADF در تیمار دریافت‌کننده جاشیر در

References

- Adams, R. P. 2007. Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation: Carol Stream, Page 804.
- Akhgar, M. R. 2011. Composition of essential oils of fruits and leaves of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. growing wild in Iran. Trends in Modern Chemistry, 1, 1-4.
- Aldemir, R., N. Tuğba Bingöl, M. Akif Karsli, and I. Akça. 2015. Determination of nutrient content and digestibility characteristics of *prangos ferulacea* on grazing lands of Eastern Anatolia. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 39, 181-185. DOI: 10.3906/vet-1401-26.
- Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically fiber. Journal of Dairy Science, 80, 1447-1462. DOI: S0022-0302(97)76074-0.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 83, 1598-1624. DOI: S0022-0302(00)75030-2
- Amiri, H. 2007. Essential oil variation of *Prangos ferulacea* Lindl in different stage of plant growth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(1), 121-127. (In Persian)
- AOAC International. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Azarfard, F. 2008. Effect of *Prangos ferulacea* replacement for alfalfa on growth performance and carcass characteristics of Lori lambs. International Journal of Agriculture and Biology, 10(2):224-226.
- Baumont, R., S. Prache, M. Meuret, and P. Morand-Fehr. 2000. How forage characteristics influence behavior and intake in small ruminants: A review. Livestock Production Science, 64:15-28. DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00172-X.
- Calsamiglia, S., M. Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, and A. Ferret. 2007. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. Journal of Dairy Science, 90(6):2580-2595. DOI: 10.3168/jds.2006-

644

11. Cardozo, P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*, 84:2801–2808. DOI: [10.2527/jas.2005-593](https://doi.org/10.2527/jas.2005-593).
12. Castillo-Lopez, E., R. Rivera-Chacon, S. Ricci, R. M. Petri, N. Reisinger, and Q. Zebeli. 2021. Short-term screening of multiple phytochemicals for their potential to modulate chewing behavior, ruminal fermentation profile, and pH in cattle fed grain-rich diets. *Journal of Dairy Science*, 104(4):4271-4289. DOI: [10.3168/jds.2020-19521](https://doi.org/10.3168/jds.2020-19521).
13. Catanese, F., M. Obelar, J. J. Villalba, and R. A. Distel. 2013. The importance of diet choice on stress-related responses by lambs. *Applied Animal Behavior Science*, 148(1-2):37-45. DOI: [10.1016/j.applanim.2013.07.005](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.07.005).
14. Charles, E. K. R., E. Jonas, and A. V. Chaves. 2012. Diet preference of lambs offered a choice of concentrate diets containing different proportions of wheat dried distiller's grain with solubles. *Small Ruminant Research*, 108(1-3): 67-72. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2012.07.001](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.07.001).
15. Coruh, N., A. G. S. Celep, and F. Ozgokce. 2007. Antioxidant properties of *prangos ferulacea*, *chaerophyllum macropodium boiss* and *heracleum persicum* desf from *apiaceae* family used as food in Eastern Anatolia and their inhibitory effects on glutathione-S-transferase. *Food Chemistry*, 100(3):1237-1242. DOI: [10.1016/j.foodchem.2005.12.006](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.006).
16. Coskun, B., N. Gulsen, and H. D. Umucalilar. 2004. The nutritive value of *Prangos ferulacea*. *Grass Forage Science*, 59(1):15-19.
17. Davis, J. D., and P. G. Smith. 1988. Analysis of lick measures the positive and negative feedback effects of carbohydrates on eating. *Appetite*. 11:229-238. DOI: [10.1016/s0195-6663\(88\)80005-9](https://doi.org/10.1016/s0195-6663(88)80005-9).
18. Dorman, H. J. D., and S. G. Deans. 2000. Antimicrobial agents from plants: Antimicrobial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88:308-316. DOI: [10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x).
19. Do Thi, T., L. Inger, and T. M. Nguyen. 2002. Feed intake and behavior of kids and young sheep fed sugar cane as the sole roughage with or without concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 100:79-91. DOI: [10.1016/S0377-8401\(02\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00067-6).
20. EbnAli, A., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, A. H. Mahdavi, M. Malekshahi, M. Mirzaei, A. Pezeshki, and M. H. Ghaffari. 2016. Effects of forage offering method on performance, rumen fermentation, nutrient digestibility and nutritional behaviour in Holstein dairy calves. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(5): 820-827. DOI: [10.1111/jpn.12442](https://doi.org/10.1111/jpn.12442).
21. Eilami, B. 2008. Substitution of alfalfa hay with *prangos ferulacea* in the fattening diet of gray shirazy sheep. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 79:52-7. (In Persian)
22. El-Essawy, A. M., U. Y. Anele, A. M. Abdel-Wahed, A. R. Abdou, and M. Khattab. 2021. Effects of *anise*, *clove* and *thyme* essential oils supplementation on rumen fermentation, blood metabolites, milk yield and milk composition in lactating goats. *Animal Feed Science and Technology*, 271:114760. DOI: [10.1016/j.anifeeds.2020.114760](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2020.114760).
23. Forbes J. M., and F. D. Provenza. 2000. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction* (ed. PB Cronje), pages 3-19. CABI Publishing, Wallingford, UK. DOI : [10.1079/9780851994635.0003](https://doi.org/10.1079/9780851994635.0003).
24. Forbes, J. M. 2007. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Cabi international. wallingford, uk. 2th edition. Page 171. DOI: [10.1079/9781845932794.0001](https://doi.org/10.1079/9781845932794.0001).
25. Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and no forage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, 80: 1438-1446. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76073-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76073-9).
26. Hojjati, M., M. Omid-mirzaei, and Z. Kiarsi. 2020. Evaluation of chemical constituents and antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of two citrus species. *FSCT. Journal of food science and technology (Iran)*, 17(100) :127-138. (In Persian)
27. Huhtanen, P., M. Ramin, and E. H. Cabezas-Garcia. 2016. Effects of ruminal digesta retention time on methane emissions: a modelling approach. *Animal Production Science*, 56(3):501-506. DOI: [10.1071/AN15507](https://doi.org/10.1071/AN15507).
28. Iraira, J. L. Ruiz de la Torre, M. Rodríguez-Prado, X. Manteca, S. Calsamiglia, and A. Ferret. 2012. Effect of feeding method on intake and behaviour of individually reared beef heifers fed a concentrate diet from 115 to 185 kg of body weight. *Animal*, 6(9):1483-1490. DOI: [10.1017/S1751731112000390](https://doi.org/10.1017/S1751731112000390).
29. Iraira, S., A. Madruga, M. P. Juan, J. L. R. de la Torre, M. R. Prado, S. Calsamiglia, X. M. Vilanova, and A. F. Quesada. 2015. Performance, behaviour and meat quality of beef heifers fed concentrate and straw offered as total mixed ration or free-choice. *Spanish journal of agricultural research*, 13(4):18. DOI: [10.5424/sjar/2015134-8003](https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-8003).
30. Johnston, C., and T. J. DeVries. 2015 Associations of behavior and production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2:450–451. DOI: [10.3168/jds.2017-13743](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13743).
31. Karamnejad, K., M. Sari, S. Salari, and M. Chaji. 2019. Effects of nitrogen source on the performance and feeding behavior of lambs fed a high concentrate diet containing pomegranate peel. *Small Ruminant Research*, 173: 9-16. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.004).

32. Keskin, M., A. Sahin, O. Bicer, and S. Gül. 2004. Comparison of the behavior of Awassi lambs in cafeteria feeding system with single diet feeding system. *Animal Behavior Science*, 85:57–64. DOI: [10.1016/j.applanim.2003.09.002](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.09.002).
33. Makkar, H. P., M. Blümmel, N. K. Borowy, and K. Becker. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61–165. DOI: [10.1002/jsfa.2740610205](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740610205).
34. Makkar, H. P. 2000. Quantification of Tannins in Tree Foliage. FAO/IAEA, Vienna, 26 pp. Laboratory manual.
35. Molle, G., M. Decandia, V. Giovanetti, A. Cabiddu, N. Fois, and M. Sitzia. 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium L.*) grazed by dairy sheep Part 1: Effects on feeding behaviour, intake, diet digestibility and performance. *Livestock Science*, 123:138-146. DOI: [10.1016/j.livsci.2008.11.018](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.11.018).
36. Moya, D., A. Mazzenga, L. Holtshausen, G. Cozzi, L. A. Gonza Lez, S. Calsamiglia, D. G. Gibb, T. A. Mcallister, K. A. Beauchemin, and K. Schwartzkopf-Genswein. 2011. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. *Journal of Animal Science*, 89:520–530. DOI: [10.2527/jas.2010-3045](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3045).
37. Moya, D., L. Holtshausen, S. Marti, D. G. Gibb, T. A. McAllister, K. A. Beauchemin, and K. Schwartzkopf-Genswein. 2014. Feeding behavior and ruminal pH of corn silage, barley grain, and corn dried distillers' grain offered in a total mixed ration or in a free-choice diet to beef cattle. *Journal of Animal Science*, 92(8):3526-3536. DOI: [10.2527/jas.2013-7224](https://doi.org/10.2527/jas.2013-7224).
38. Oh, H. K., M. B. Jones, and W. M. Longhurst. 1968. Comparison of rumen microbial inhibition resulting from various essential oils isolated from relatively unpalatable plant species. *Applied Microbiology*, 16:39–44. DOI: [10.1128/am.16.1.39-44.1968](https://doi.org/10.1128/am.16.1.39-44.1968).
39. Patra, A. K., S. Geiger, H. S. Braun, and J. R. Aschenbach. 2019. Dietary supplementation of *menthol-rich* bioactive lipid compounds alters circadian eating behaviour of sheep. *BMC veterinary research*, 15(1):1-10.
40. Provenza, F. D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. *Journal of Animal Science*, 74(8):2010-2020. DOI: [10.1186/s12917-019-2109-0](https://doi.org/10.1186/s12917-019-2109-0).
41. Queiroz, A. C., J. S. Neves, L. F. Miranda, E. S. Pereira, J. C. Pereira, and A. R. Dutra. 2001. Effect of fiber level and protein source on live weight gain of crossbred Holstein–Zebu heifers. *Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science*, 53(1):84-88.
42. Razavi, S. M., H. Nazemiyeh, G. Zarrini, S. Asna-asharii, and G. Dehghan. 2010. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl from Iran. *Natural Product Research*, 24:530-533. DOI: [10.1080/14786410802379539](https://doi.org/10.1080/14786410802379539).
43. Razavi, S. M. 2012. Chemical composition and some allelopathic aspects of essential oils of (*Prangos ferulacea.*) at different stages of growth. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14(2):56-349.
44. Redoy, M. R. A., A. A. S. Shuvo, L. Cheng, and M. Al-Mamun. 2020. Effect of herbal supplementation on growth, immunity, rumen histology, serum antioxidants and meat quality of sheep. *Animal*, 14(11):2433-2441. DOI: [10.1017/S1751731120001196](https://doi.org/10.1017/S1751731120001196).
45. Ridge, E. E., M. J. Foster, and C. L. Daigle. 2020. Effect of diet on non-nutritive oral behavior performance in cattle: a systematic review. *Livestock Science*, 238:104063. DOI: [10.1016/j.livsci.2020.104063](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104063).
46. Rolls, B. J., 1986. Sensory-specific satiety. *Nutrition Reviews*, 44:93–101.
47. Sari, M., A. Ferret, and S. Calsamiglia. 2015. Effect of pH on *in vitro* microbial fermentation and nutrient flow in diets containing barley straw or non-forage fiber sources. *Animal Feed Science and Technology*, 200:17-24. DOI: [10.1016/j.anifeeds.2014.11.011](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2014.11.011).
48. SAS Institute. 2003. SAS User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
49. Tassoul, M. D., and R. D. Shaver. 2009. Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of peri-parturient and early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92:1734–1740. DOI: [10.3168/jds.2008-1760](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1760).
50. Van Soest, P. J, J. b. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
51. Villalba, J. J., A. Bach and I. R. Ipharraguerre. 2011. Feeding behavior and performance of lambs are influenced by flavor diversity. *Journal of Animal Science*, 89:2571- 2581. DOI: [10.2527/jas.2010-3435](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3435).



Fitting of some Nonlinear Models for Predicting Ruminal Fermentation Kinetics in Different Forages

Khalil Zaboli^{1*}, Saeid Moradi²

Received: 02-06-2021
Revised: 16-07-2022
Accepted: 19-07-2022
Available Online: 19-07-2022

How to cite this article:

Zaboli, K., & Moradi, S. (2023). Fitting of some nonlinear models for predicting ruminal fermentation kinetics in different forages. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 519-530.
DOI:10.22067/ijasr.2022.70783.1028

Introduction The *in vitro* gas production test is used as a laboratory method for studying the ruminal fermentation of feed-stuffs. This method is an ideal technique, because it allows to record gas production at different hours an incubation time. In this technique, the parameters of fermentation kinetic are predicted using nonlinear models. The Exponential Model (EXP) is the easiest nonlinear model which is applied for this regard. However, it has been reported that some nonlinear models predict the parameters of gas production kinetic more accurately than the EXP model. In this study, different forages were used as feed samples and the accuracy of some nonlinear models for predicting the parameters of gas production kinetic has been studied and compared.

Materials and Methods For this experiment, alfalfa forage (first, second and third cutting), sainfoin hay, wheat straw, barley straw and corn silage were used as feed samples. Feed samples were analyzed for Dry matter, ash, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber according using standard methods. Rumen fluid was collected from three ruminally fistulated mature Mehraban rams before the morning feeding. Obtained rumen fluids were pooled and strained into a pre-warmed (38 to 39 °C) insulated flask and immediately transported to the laboratory. In laboratory, ruminal fluid was filtered through four layers of cheese cloth and then mixed continuously with CO₂ and maintained near 39° C before usage. To evaluate the ruminal fermentation kinetic of feeds, the *in vitro* gas production test was carried out during 144 h incubation time for 3 run. For this purpose, 200 mg of dried and milled feeds with 30 ml of buffered rumen fluid were poured into glass vials (in 3 replicates). Two glass vials containing 30 ml of buffered rumen fluid without substrate were considered as blanks. After capping (plus tow glass vials as blanks), all glass vials were incubated at 39 °C. The volume of gas produced was recorded at 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 h after incubation. The obtained results (volume of gas produced at each incubation time) were fitted to four nonlinear models included the exponential (EXP), Gompertz (GOM), Richard (RCH) and France (FRC) models. The mean square error (MSE), coefficient of determination (R²), residual mean absolute deviation (RMAD) and mean percentage error (MPE) statistics were used as goodness of fit parameters. The run test, accuracy factor (AF), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) were used to compare the accuracy of the models for predicting the gas production kinetic.

Results and Discussion The results showed that the asymptotic gas volume (A) predicted by the FRC model (104.68 ml per 200 mg dry matter) was significantly different from the EXP (100.18 ml per 200 mg dry matter) model (p <0.05). But the value of A predicted by the EXP, GOM and RCH models did not show a significantly difference. The rate of gas production (c) predicted by the studied models were significantly different and the lowest value was observed in the FRC model (p<0.05). The highest and lowest values for MSE (15.11) and R² (0.984) were observed in the EXP model, respectively. Which indicated the EXP model goodness of fit was weak compared to the other models. The RMAD statistic in the studied models had significantly difference (p<0.05) and the highest (2.88) and lowest (0.85) values were observed in the EXP and FRC models, respectively. So, the FRC and EXP models had the highest and lowest goodness of fit, respectively. The MPE statistic in the FRC and RCH models were closer to zero (0.32 and 0.48, respectively) compared to the other

1- Assistant Professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- M.Sc. Graduated, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Corresponding Author Email: zaboli@basu.ac.ir

models (EXP and GOM models), which indicated better goodness of fit in these models. The run test was significant in the EXP and GOM models ($p < 0.05$). So, these models were less accurate for predicting the gas production kinetic. The value of AF, AIC and BIC statistics (2.85, 15.87 and 10.04, respectively) showed that the FRC model had the highest accuracy for predicting the gas production kinetic among the studied models.

Conclusion The results showed that the EXP model had the lowest accuracy for predicting ruminal fermentation kinetic of feeds, among the studied models. However, the FRC model had the highest accuracy.

Keywords: Forage, Gas production test, Goodness of fit, Non-linear models

برازش برخی از مدل‌های غیر خطی به منظور پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای در علوفه‌های مختلف

خلیل زابلی^{۱*} و سعید مرادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸

چکیده

این آزمایش به منظور مقایسه دقت برخی از مدل‌های غیرخطی در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز در تعدادی از خوراکی‌های علوفه‌ای انجام شد. ابتدا، آزمون تولید گاز ۱۴۴ ساعته با استفاده از علوفه‌های یونجه (چین اول، چین دوم و چین سوم)، علوفه اسپرس، کاه گندم، کاه جو و سیلاژ ذرت انجام شد. سپس، حجم گاز تولید شده در زمان‌های مختلف آنکوباسیون با استفاده از مدل‌های اکسپونانسیال (EXP)، گومپرتز (GOM)، ریچارد (RCH) و فرانس (FRC) برازش شدند. نکویی برازش مدل‌ها با استفاده از آماره‌های میانگین مربعات خطا (MSE)، ضریب تعیین (R^2)، انحراف مطلق میانگین باقی‌مانده (RMAD) و میانگین درصد خطا (MPE) تعیین شد. از آزمون تست اجرا (run test)، فاکتور صحت (AF)، معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و معیار اطلاعات بیزی (BIC) به منظور بررسی دقت مدل‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد، پتانسیل تولید گاز (A) پیش‌بینی شده توسط مدل FRC (۱۰۴/۶۸ میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) تفاوت معنی‌داری با مدل EXP (۱۰۰/۱۸ میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) داشت ($p < 0.05$). مدل EXP دارای بیشترین مقدار MSE (۱۵/۱۱) و کمترین مقدار R^2 (۰/۹۸۴) بود ($p < 0.05$). مقدار RMAD در مدل EXP بیشترین (۲/۸۸) و در مدل FRC کمترین (۰/۸۵) مقدار بود ($P < 0.05$). مقدار MPE در مدل‌های FRC و RCH (به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۴۸) در مقایسه با سایر مدل‌ها به عدد صفر نزدیک‌تر بود. آزمون تست اجرا در مدل‌های EXP و GOM معنی‌دار شد ($p < 0.05$) که نشان‌دهنده دقت کمتر این مدل‌ها بود. به‌طور کلی، مدل EXP کینتیک تخمیر شکمبه‌ای خوراکی‌های علوفه‌ای را با دقت کمتری پیش‌بینی کرد و بیشترین دقت را نیز مدل FRC داشت.

واژه‌های کلیدی: آزمون تولید گاز، علوفه، مدل‌های غیرخطی، نکویی برازش

مقدمه

گران قیمت ندارد، لذا امروزه به‌عنوان یک روش استاندارد و ارزان قیمت در اکثر آزمایشگاه‌های تغذیه نشخوارکنندگان استفاده می‌شود (Wang et al., 2013). در این روش، ماده خوراکی در داخل مایع شکمبه آنکوبه شده و حجم گاز تولیدی در زمان‌های مختلف آنکوباسیون مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و روند تولید گاز به‌صورت یک منحنی غیرخطی ارائه می‌گردد (Beuink and Kogut, 1993; Wang et al., 2011). توصیف نتایج (حجم گاز تولید شده در زمان‌های مختلف آنکوباسیون) به‌دست آمده از آزمون تولید گاز، از طریق برازش آن‌ها با یک مدل نمایی و غیر خطی صورت می‌گیرد. برای این منظور، ساده‌ترین مدل غیرخطی مورد استفاده، مدل

آزمون تولید گاز به‌منظور بررسی کینتیک هضم خوراک در شکمبه مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آنجایی که نیاز به تجهیزات

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: zaboli@basu.ac.ir)

ضریب تعیین^۶ (R^2)، انحراف مطلق میانگین باقی‌مانده^۷ (RMAD)، میانگین درصد خطا^۸ (MPE) و نیز آزمون تست اجرا^۹، فاکتور صحت^{۱۰} (AF)، معیار اطلاعات آکائیک^{۱۱} (AIC) و معیار اطلاعات بیزی^{۱۲} (BIC) اشاره کرد.

پریپولی و همکاران (Peripolli et al., 2014) کینتیک تخمیر شکمبه‌ای جیره‌های مختلف را با استفاده از چند مدل غیرخطی مانند مدل‌های EXP، GOM و FRC بررسی کردند و برای تعیین دقت این مدل‌ها از آماره‌های MSE، R²، RMAD و MPE استفاده کردند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2011) به منظور بررسی دقت برخی مدل‌های غیرخطی در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز در خوراک‌های علوفه‌ای مختلف، از آزمون تست اجرا و آماره AIC استفاده کردند. در مطالعه دیگری که بر روی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه انجام گرفت، به منظور بررسی نکویی برازش و دقت مدل‌های غیر خطی از آزمون تست اجرا و آماره‌های AF، AIC و BIC استفاده شد. لازم به ذکر است که از آماره‌های AF، AIC و BIC برای نشان دادن کیفیت نسبی مدل‌ها و مقایسه دقت آن‌ها استفاده می‌شود (Zaboli, 2016).

علوفه‌ها یکی از اجزای بسیار مهم جیره نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند و نقش بسیار مهمی در بهبود روند تخمیر شکمبه‌ای دارند. آگاهی از کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه‌ها سبب می‌شود با شناخت بهتری از آن‌ها در جیره غذایی دام‌ها استفاده کنیم (McDonald et al., 1995). تحقیقات مختلفی در خصوص تعیین ارزش غذایی و کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه‌ها به روش آزمون تولید گاز انجام شده است. اما در بیشتر این تحقیقات، از مدل نمایی EXP برای این منظور استفاده شده است. با توجه به موارد فوق، در پژوهش حاضر سعی شد تا از علوفه‌های مختلف به عنوان نمونه خوراک استفاده شده و نتایج مربوط به کینتیک تولید گاز این‌ها، با استفاده از برخی مدل‌های غیر خطی مورد برازش قرار گیرد و نتایج برازش این مدل‌ها از طریق برخی آماره‌ها و آزمون‌ها مقایسه شود (Korkmaz and Uckades, 2014; Wang et al., 2011; Uckades and Efe, 2014).

مواد و روش‌ها

۱- نمونه خوراک و نحوه آماده‌سازی آن: در این آزمایش

اکسپونانشیال^۱ (EXP) می‌باشد. مدل EXP دارای ساختار غیر زیگموییدی است و یکی از شناخته‌ترین مدل‌ها در پیش‌بینی کینتیک تخمیر در شکمبه می‌باشد (Wang et al., 2011). اما از آن جاییکه فعالیت میکروب‌ها در داخل شکمبه به صورت زیگموییدی است، لذا استفاده از یک مدل غیرزیگموییدی مانند مدل EXP برای تفسیر روند تخمیر آن، سبب ایجاد خطا (افزایش MSE^۲) در تفسیر نتایج پیش‌بینی شده می‌گردد (Dhanoa et al., 2000). بر این اساس، پژوهشگران انواع مدل‌های غیرخطی دیگری را جهت افزایش دقت در پیش‌بینی فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای مواد خوراکی ارائه داده‌اند (Sahin et al., 2011). مدل گومپرتز^۳ (GOM) با یک ساختار زیگموییدی، اولین بار برای توصیف کینتیک تولید گاز مورد استفاده محققین قرار گرفت (Seker, 2002). مدل ریچاردز^۴ (RCH) نیز توسط برخی از محققین از قبیل پیت و همکاران (Pitt et al., 1999) و هوتهانن و همکاران (Huhtanen et al., 2008) به منظور بررسی کینتیک تخمیر شکمبه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، یکی دیگر از مدل‌هایی که امروزه برای پیش‌بینی تولید گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل فرانس^۵ (FRC) است که دارای ساختار زیگموییدی بوده و انعطاف‌پذیری زیادی در برازش داده‌های تولید گاز دارد (France et al., 1993). محققین گزارش کرده‌اند که مدل FRC در مقایسه با سایر مدل‌ها دارای دقت نسبتاً زیادی است و بر این اساس، در اکثر مطالعات مربوط به بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای خوراک‌های مختلف، از این مدل استفاده شده است (Wang et al., 2011; Zaboli, 2016). لذا با توجه به موارد فوق، به نظر می‌رسد وقتی که یک مدل دارای انعطاف‌پذیری و دقت بیشتری باشد، برازش آن مدل در خوراک‌های مختلف نیز، نتایج دقیق‌تری ارائه خواهد داد.

از آنجایی که هر یک از مدل‌های غیرخطی که جهت پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای استفاده می‌شوند، از نظر ساختار ریاضی با یکدیگر تفاوت دارند، لذا فراسنجه‌های پیش‌بینی شده توسط هر یک از این مدل‌ها ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند. بر این اساس، تعیین تفاوت موجود در بین این مدل‌ها (دقت مدل‌ها) می‌تواند در انتخاب یک مدل مناسب تأثیرگذار باشد و برای این منظور از ابزارهای خاصی استفاده می‌شود (Peripolli et al., 2014). از جمله این ابزارها می‌توان به آماره‌هایی مانند میانگین مربعات خطا (MSE)،

- 6- Coefficient of determination
- 7- Residual mean absolute deviation
- 8- Mean percentage error
- 9- Run test
- 10- Accuracy factor
- 11- Akaike information criterion
- 12- Bayesian information criterion

- 1- Exponential model ($y = A \cdot (1 - e^{-(c \cdot t)})$)
- 2- Mean square error
- 3- Gompertz
- 4- Richards
- 5- France

۳- بررسی کینتیک تولید گاز: به منظور بررسی کینتیک تولید گاز، مقدار ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک از هر یک از مواد خوراکی به داخل ویال‌های شیشه‌ای (در سه تکرار) منتقل و بعد از آن به داخل هر کدام از ویال‌ها مقدار ۳۰ میلی لیتر از مایع شکمبه بافری شده اضافه گردید. ویال‌ها بعد از درپوش گذاری در داخل حمام بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس، حجم گاز تولید شده در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ ساعت پس از انکوباسیون یادداشت شد. به منظور تصحیح اثرات مایع شکمبه نیز تعداد دو عدد ویال به‌عنوان بلانک (ویال‌های حاوی مایع شکمبه بافری شده و فاقد نمونه خوراک) نیز در نظر گرفته شد. همچنین به منظور افزایش تعداد مشاهدات، آزمون تولید گاز در سه دوره (run) ۱۴۴ ساعته و به‌طور جداگانه تکرار شد.

۴- مدل‌های غیر خطی و نکویی برازش داده‌ها: در این مطالعه از چهار مدل غیرخطی جهت پیش‌بینی حجم گاز تولید شده در زمان‌های مختلف انکوباسیون استفاده شد (جدول ۱).

از علوفه یونجه (چین اول، دوم و سوم)، علوفه اسپرس، کاه گندم، کاه جو و سیلاژ ذرت به‌عنوان نمونه خوراک استفاده شد. ابتدا درصد ماده خشک و ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی (ماده آلی، پروتئین خام، NDF و ADF) با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد (Van-Soest *et al.*, 1991AOAC, 1995). سپس، این خوراک‌ها با استفاده از آسیاب رومیزی (Glen Greston، انگلستان) مجهز به الک دو میلی‌متری آسیاب شده و جهت انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند.

۲- حیوانات و نحوه آماده‌سازی مایع شکمبه: مایع شکمبه مورد نیاز برای انجام این آزمایش از تعداد سه رأس گوسفند نر نژاد مهربان و مجهز به فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد. مایع شکمبه گرفته شده روی هم ریخته شده و بلافاصله در شرایط بی‌هوایی و در داخل فلاسک (در مجاورت آب گرم) به آزمایشگاه منتقل شد. مایع شکمبه با استفاده از پارچه متقال چهار لایه صاف گردید و سپس به نسبت ۲:۱ با محلول بافر آماده شده در مجاورت گاز دی اکسید کربن مخلوط و به‌عنوان مایع شکمبه بافری شده مورد استفاده قرار گرفت (Menke and Steingass, 1988).

جدول ۱- توصیف مدل‌های ریاضی استفاده شده در این مطالعه
Table 2- Description of mathematical models used in this study

مدل‌ها Models	معادله Equation ¹	فراسنجه ساختاری Shape parameter	دامنه Domain
مدل اکسپونانشیال Exponential (EXP)	$y = A \cdot (1 - e^{-c \cdot t})$	-	$t \geq 0$
مدل گومپرتز Gompertz (GOM)	$y = (A \cdot e^{b e^{(-c \cdot t)}})$	b	$t \geq 0$
مدل ریچاردز Richards (RCH)	$y = A \cdot (1 - e^{-c \cdot t})^{\frac{1}{b}}$	b	$t \geq 0$
مدل فرانس France (FRC)	$y = A \cdot (1 - e^{-(c(t-L) - b(\sqrt{t} - \sqrt{L}))})$	b	$t \geq 0$

¹Y: حجم گاز تولید شده در زمان t، A: پتانسیل تولید گاز، c: سرعت تولید گاز، b: فراسنجه ساختاری، t: زمان انکوباسیون و e: عدد نپر (...۲۷۱۸۲۱۸۲۸۸۴)

¹Y: volume of gas at time t, A: asymptotic gas volume, c: rate parameter, b: shape parameter, t: incubation time and e: Napier's constant (2.718218284...)

(*al.*, 2011)، فاکتور صحت (Uckardes and Efe, 2014) و آماره-های معیار اطلاعات آکائیک (Wang *et al.*, 2011) و معیار اطلاعات بیزی (Uckardes and Efe, 2014) مورد بررسی قرار گرفت.

۵- تجزیه آماری داده‌ها: برای مقایسه آماری فراسنجه‌های پیش‌بینی شده توسط هر مدل (فراسنجه‌های A و c) و نیز فراسنجه‌های نکویی‌برازش (MSE، R²، RMAD و MPE) مربوط به هر کدام از مدل‌ها، از رویه GLM برنامه SAS (نسخه 9.1، سال ۱۹۹۹) استفاده شد (SAS, 1999). مدل آماری به صورت $Y_{ij} = \mu + M_i + R_j + e_{ij}$ بود که در آن Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : میانگین، M_i : اثر مدل، R_j : اثر دوره (run) و e_{ij} : خطای باقی‌مانده بود. مقایسه

ابتدا نتایج به‌دست آمده (حجم گاز تولید شده در هر زمان از انکوباسیون) با استفاده از رویه Nonlinear regression در نرم‌افزار SPSS 16.0 for windows (نسخه ۱۶، سال ۲۰۰۷) به مدل‌های مورد نظر برازش داده شدند و نتایج به‌صورت میلی‌لیتر گاز تولید شده به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک خوراک به‌دست آمد.

به‌منظور بررسی نکویی‌برازش مدل‌ها از مقادیر میانگین مربعات خطا (MSE)، ضریب تعیین (R²)، انحراف مطلق میانگین باقی مانده (RMAD) و میانگین درصد خطا (MPE) به‌دست آمده از هر مدل استفاده شد (Peripolli *et al.*, 2014). همچنین، دقت هر یک از مدل‌ها در برازش داده‌ها با استفاده از آزمون تست اجرا (Wang *et*

میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی مواد خوراکی استفاده شده، در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق جدول فوق، درصد ماده خشک علوفه‌های خشک استفاده شده در این آزمایش، در محدوده ۹۱/۴۳ تا ۹۴/۳۶ درصد و در سیلاژ ذرت (به‌صورت تازه) ۲۵/۳۴ درصد بود.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی مواد خوراکی مورد استفاده در این آزمایش (درصد ماده خشک)

Table 2-Chemical composition of feed-stuffs used in this study (% DM)

ماده خوراکی Feed-stuff	ماده خشک DM	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	ان دی اف NDF	ای دی اف ADF
علوفه یونجه (چین اول) Alfalfa hay (first cutting)	91.43	90.98	12.93	48.31	36.62
علوفه یونجه (چین دوم) Alfalfa hay (second cutting)	92.76	91.47	16.60	30.83	27.46
علوفه یونجه (چین سوم) Alfalfa hay (third cutting)	93.31	91.43	14.37	51.02	38.06
علوفه اسپرس Sainfoin hay	92.77	91.46	12.83	46.07	36.68
کاه گندم Wheat straw	94.36	90.10	3.52	70.11	45.95
کاه جو Barley straw	94.89	91.82	4.08	72.29	41.68
سیلاژ ذرت Corn silage	25.34	93.42	8.46	55.28	35.21

ماده خشک (DM)، ماده آلی (OM)، پروتئین خام (CP)، ان دی اف (NDF) و ای دی اف (ADF)

Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF).

شود و لذا وجود آن در یک مدل غیر خطی، فاقد ارزش بیولوژیکی بوده و فقط باعث تصحیح ساختار منحنی تولید گاز می‌شود. به همین دلیل به آن فراسنجه ساختاری می‌گویند و مقدار عددی این فراسنجه با توجه به نوع ساختار معادله ریاضی هر مدل، متفاوت می‌باشد. بر این اساس، مقایسه آماری مقدار آن در مدل‌های مختلف صحیح نمی‌باشد (Huhtanen et al., 2008). همچنین، تغییر ساختار منحنی تولید گاز در مدل‌های مورد مطالعه، ممکن است شیب منحنی تولید گاز (سرعت تولید گاز، c) مربوط به آن مدل را تغییر دهد. بر این اساس، مطابق نتایج جدول ۳، مقدار سرعت تولید گاز (c) پیش‌بینی شده توسط مدل‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$).

مشابه نتایج ما، در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی کینتیک تولید گاز در علوفه یونجه با استفاده از مدل‌های EXP و FRC انجام شد، پتانسیل تولید گاز (A) پیش‌بینی شده توسط مدل FRC به‌طور معنی‌داری بیشتر از مدل EXP بود. همچنین، سرعت تولید گاز (c)

نتایج مربوط به فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول فوق، مقدار پتانسیل تولید گاز (A) پیش‌بینی شده توسط مدل FRC تفاوت معنی‌داری با مدل EXP داشت ($p < 0.05$). اما تفاوت بین مدل‌های EXP، GOM و RCH معنی‌دار نبود. سرعت تولید گاز (c) پیش‌بینی شده توسط مدل‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و مقدار آن در مدل GOM بیشترین مقدار (۰/۰۶۶ میلی‌لیتر بر ساعت) و در مدل FRC کمترین مقدار (۰/۰۱۷ میلی‌لیتر بر ساعت) بود ($p < 0.05$).

فراسنجه ساختاری (b) فقط در مدل‌های GOM، RCH و FRC برآورد شد (مدل EXP فاقد فراسنجه b بود). لازم به ذکر است که فراسنجه b جهت تصحیح ساختار منحنی تولید گاز به یک مدل غیرخطی اضافه می‌شود تا مدل مورد نظر با مقادیر مشاهده شده (حجم گاز تولید شده در زمان‌های مختلف انکوباسیون) بهتر برازش

و GOM نداشت. علت تفاوت نتایج این تحقیق با مطالعه حاضر، احتمالاً به دلیل مدت زمان کمتر انکوباسیون (۴۸ ساعت در مقایسه با ۱۴۴ ساعت) می‌تواند باشد. لازم به ذکر است که در تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی مختلف، پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای خوراک‌ها (پتانسیل تولید گاز و سرعت تولید گاز) بسیار مهم می‌باشد (Seker, 2002). پیش‌بینی این مقادیر در مواد خوراکی مختلف به عوامل متعددی از قبیل نوع خوراک، اندازه ذرات، نوع جمعیت میکروبی مایع شکمبه، زمان انکوباسیون و نیز نوع مدل غیر خطی استفاده شده بستگی دارد. تغییر هر یک از عوامل فوق می‌تواند نتایج متفاوتی را ارایه دهد. لذا انتظار پیش‌بینی مقادیر ثابت و مشابه برای فراسنجه‌های A و c در آزمایشات مختلف امکان پذیر نمی‌باشد.

پیش‌بینی شده توسط مدل FRC به‌طور معنی‌داری کمتر از مدل EXP بود (Zaboli, 2016). در مطالعه دیگری که به‌وسیله مرادی و زابلی (Moradi and Zaboli, 2018) به‌منظور بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای تفاله گوجه‌فرنگی به‌روش آزمون تولید گاز و با استفاده از مدل‌های EXP، GOM و RCH انجام شد، مقدار A پیش‌بینی شده توسط مدل‌های فوق تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. اما مقدار c در مدل RCH به‌طور معنی‌داری کمتر از مدل‌های EXP و GOM بود.

برخلاف نتایج ما، وانگ و همکاران (Wang et al., 2011) با بررسی تعداد ۲۳ منحنی تولید گاز ۴۸ ساعته در علوفه‌های مختلف و با استفاده از مدل‌های EXP، GOM و FRC گزارش کردند که مقدار A پیش‌بینی شده توسط مدل FRC تفاوت معنی‌داری با مدل EXP

جدول ۳- مقایسه فراسنجه‌های کینتیک تخمیر شکمبه‌ای برآورد شده به‌وسیله مدل‌های مورد مطالعه

Table 3- Comparison of the ruminal fermentation kinetic parameters estimated by the studied models

فراسنجه‌ها Parameters	مدل اکسپونانشیال EXP	مدل گومپرتز GOM	مدل ریچاردز RCH	مدل فرانس FRC	مقدار p p-value
A	100.18 ^b	99.50 ^b	102.90 ^{ab}	104.68 ^a	0.0007
c	0.053 ^b	0.066 ^a	0.036 ^c	0.017 ^d	<.0001
b	-	-1.87	1.36	0.22	-
L	-	-	-	0.41	-

مدل‌ها به ترتیب EXP: اکسپونانشیال، GOM: گومپرتز، RCH: ریچاردز و FRC: فرانس بودند.

A: پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، b: فراسنجه ساختاری، c: سرعت تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت) و L: زمان تأخیر (ساعت) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف دارای تفاوت معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد در آزمون توکی هستند.

Models were EXP: Exponential, GOM: Gompertz, RCH: Richards and FRC: France.

A: asymptotic gas volume (ml/200mg DM), b: shape parameter, c: rate of gas production (ml.h⁻¹) and L: lag time (h).

Mean within rows followed by different superscripts are statistically different (P<0.05) by the test of Turkey's.

که مدل EXP دارای بیشترین مقدار MSE و کمترین مقدار R² در بین مدل‌های مورد بررسی بود.

هوهتانن و همکاران (Huhtanen et al., 2008) با بررسی کینتیک تولید گاز در تعداد ۱۵ نوع سیلاژ مختلف با استفاده از مدل‌های EXP، GOM، RCH و FRC گزارش کردند که بر اساس مقادیر MSE و R² به‌دست آمده، مدل‌های RCH و FRC دارای بیشترین دقت و مدل‌های EXP و GOM دارای کمترین دقت در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز در مواد خوراکی مورد آزمایش بودند.

نتایج مشابهی هم توسط سایر محققین گزارش شده است که نشان‌دهنده دقت کمتر مدل EXP در مقایسه با مدل‌های مورد مطالعه می‌باشد (Beuvinck and Kogut, 1993). گزارش شده است که اگر مقدار MSE و R² در یک مدل به‌ترتیب زیاد و کم باشد، نشان‌دهنده دقت کمتر مدل مربوطه می‌باشد (Korkmaz and Zaboli et al., 2021; Uckades, 2014). بر این اساس، مشخص شد که مدل EXP به خاطر داشتن بیشترین مقدار MSE و کمترین مقدار R² دارای کمترین دقت و مدل‌های RCH و FRC دارای بیشترین دقت در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای بودند.

نتایج مربوط به فراسنجه‌های نکوبی‌برازش مدل‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق جدول فوق، مقدار MSE به‌دست آمده در مدل EXP بیشترین و در مدل FRC و RCH کمترین مقدار بود (p<0/05). لازم به ذکر است که از نظر آماری، یک رابطه عکس بین مقادیر MSE و ضریب تعیین (R²) وجود دارد و هر گاه مقدار MSE به‌دست آمده در یک مدل بیشتر باشد، مقدار R² آن کمتر خواهد بود و برعکس. با توجه به موارد ذکر شده، مقدار R² در مدل EXP کمترین و در مدل‌های FRC و RCH بیشترین مقدار بود که با نتایج مربوط به MSE به‌دست آمده هم‌خوانی داشت (p<0/05).

مشابه نتایج ما، بررسی کینتیک تولید گاز در جیره‌های حاوی ۶۰ درصد یونجه با سطوح مختلف دانه ذرت و گلیسرول با استفاده از مدل‌های EXP، GOM و FRC نشان داد که مقدار MSE در مدل EXP در مقایسه با سایر مدل‌ها بیشتر و مقدار R² آن کمتر بود که نشان‌دهنده دقت کمتر مدل EXP در مقایسه با مدل‌های فوق بود (Peripolli et al., 2014). همچنین، وانگ و همکاران (Wang et al., 2011) با بررسی تعداد ۲۳ منحنی تولید گاز در علوفه‌های مختلف با استفاده از مدل‌های EXP، GOM و FRC گزارش کردند

مقدار RMAD یک شاخص مناسب برای بررسی دقت و نکویی برازش مدل‌های غیر خطی در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز می‌باشد و هر چقدر مقدار عددی این آماره کمتر باشد (به عدد صفر نزدیک‌تر باشد)، نشان‌دهنده دقت بیشتر آن مدل است (Peripolli *et al.*, 2014). مطابق جدول ۴، مقدار آماره RMAD به دست آمده در مدل‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌داری بود و مقدار آن در مدل EXP بیشترین و در مدل FRC کمترین مقدار بود ($p < 0.05$). بر این اساس، مدل FRC با دارا بودن کمترین مقدار RMAD دارای بیشترین دقت و مدل EXP با دارا بودن بیشترین مقدار RMAD دارای کمترین دقت در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز بود ($p < 0.05$).

مقدار آماره میانگین درصد خطا (MPE) نشان‌دهنده بیش‌برآورد و یا کم‌برآورد شدن مقادیر پیش‌بینی شده (نسبت به مقادیر مشاهده شده) توسط یک مدل می‌باشد. به عبارت دیگر، هر چقدر مقدار آماره MPE در یک مدل، به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دقت بیشتر آن مدل می‌باشد و هر چقدر مقدار آن از عدد صفر (به سمت منفی و یا مثبت) فاصله داشته باشد، نشان‌دهنده ضعف آن مدل در پیش‌بینی نتایج می‌باشد (Peripolli *et al.*, 2014). مطابق جدول ۴، مقدار آماره MPE در بین مدل‌ها دارای تفاوت معنی‌داری بود

مقدار آن در مدل‌های FRC و RCH و مقایسه با سایر مدل‌ها، به عدد صفر نزدیک‌تر بود که نشان‌دهنده دقت بیشتر این دو مدل در برازش داده‌ها بود. اما مقدار آماره MPE در مدل‌های EXP (۲/۸۸) و GOM (۲/۴۷-) از عدد صفر فاصله بیشتری داشتند که نشان‌دهنده ضعف این مدل‌ها در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز بود. مشابه نتایج ما، در مطالعه‌ای که به منظور بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای تفاله لیموترش با استفاده از مدل‌های EXP، GOM و RCH انجام شد، مقدار RMAD در مدل EXP به‌طور معنی‌داری بیشتر از مدل‌های GOM و RCH بود. همچنین، مقدار آماره MPE در پژوهش فوق در مدل‌های EXP، GOM و RCH به ترتیب ۴/۹۲۱، ۱/۴۷۱- و ۰/۱۵۳- بود و بر این اساس مدل EXP دارای کمترین دقت در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای در بین مدل‌های مورد مطالعه بود (Zaboli and Moradi, 2019). پرپولی و همکاران (Peripolli *et al.*, 2014) با بررسی کینتیک تولید گاز در جیره‌های حاوی ۶۰ درصد یونجه با سطوح مختلف دانه ذرت و گلیسرول گزارش کردند که مقدار RMAD و MPE در مدل EXP به ترتیب ۴/۰۳ و ۱۵/۰۴ به دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از مدل FRC بود و نشان‌دهنده نکویی‌برازش ضعیف‌تر مدل EXP در مقایسه با مدل FRC بود (Peripolli *et al.*, 2014).

جدول ۴- مقایسه فراسنجه‌های نکویی‌برازش در مدل‌های مورد مطالعه

Table 4- Comparison of goodness of fit parameters in the studied models

مقدار p	مدل فرانس	مدل ریچاردز	مدل گومپرتز	مدل اکسیونانشیال	فراسنجه‌ها
p-value	FRC	RCH	GOM	EXP	Parameters
<.0001	1.51 ^c	3.02 ^c	9.98 ^b	15.11 ^a	میانگین مربعات خطا MSE
<.0001	0.999 ^a	0.997 ^a	0.990 ^b	0.984 ^c	ضریب تعیین R ²
<.0001	0.80 ^d	1.14 ^c	2.30 ^b	2.88 ^a	انحراف مطلق میانگین باقی‌مانده RMAD
<.0001	0.32 ^b	0.48 ^b	-2.47 ^c	2.30 ^a	میانگین درصد خطا MPE

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف دارای تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بر اساس آزمون توکی هستند.

MSE: mean squares errors, R²: coefficient of determination, RMAD: residual mean absolute deviation, MPE: mean percentage error. Mean within rows followed by different superscripts are statistically different ($P < 0.05$) by the test of Turkey's.

نمودار مربوط به گستردگی مقادیر باقی‌مانده (تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر مشاهده شده، مقادیر باقی‌مانده) در طول زمان انکوباسیون در مدل‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، بیشترین گستردگی مقادیر باقی‌مانده در فاز ابتدایی انکوباسیون اتفاق افتاد و این گستردگی در مدل‌های EXP و GOM بیشتر از مدل‌های RCH و FRC بود. همچنین در مدل‌های EXP و GOM، در مرحله میانی انکوباسیون مقدار گاز پیش‌بینی شده کمتر از مقدار مشاهده شده بود.

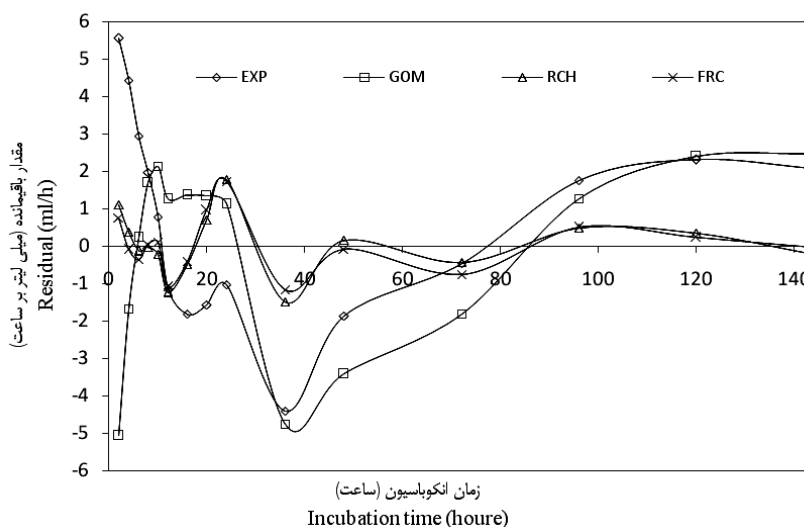
در مرحله پایانی نیز مقدار گاز پیش‌بینی شده به‌وسیله این دو مدل، بیشتر از مقدار مشاهده شده بود که همه این‌ها نشان‌دهنده دقت کمتر مدل‌های EXP و GOM بود. مدل‌های RCH و FRC وضعیت بهتری از این نظر داشتند و مقدار گاز پیش‌بینی شده در این‌ها (تقریباً در تمام زمان انکوباسیون) بسیار نزدیک‌تر به مقادیر مشاهده شده بود که نشان‌دهنده دقت بیشتر این دو مدل در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز بود.

مطابق نظر محققین، نمودار گستردگی مقادیر باقی‌مانده در طول

نمودار مربوط به گستردگی مقادیر باقی‌مانده (تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر مشاهده شده، مقادیر باقی‌مانده) در طول زمان انکوباسیون در مدل‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، بیشترین گستردگی مقادیر باقی‌مانده در فاز ابتدایی انکوباسیون اتفاق افتاد و این گستردگی در مدل‌های EXP و GOM بیشتر از مدل‌های RCH و FRC بود. همچنین در مدل‌های EXP و GOM، در مرحله میانی انکوباسیون مقدار گاز پیش‌بینی شده کمتر از مقدار مشاهده شده بود.

مشخص گردید که مقادیر باقی‌مانده در طول زمان آنکوباسیون در مدل‌های EXP و GOM، دارای گستردگی زیادی بودند که نشان‌دهنده دقت کمتر این دو مدل در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه بود که با نتایج ما هم‌خوانی دارد (Moradi and Zaboli, 2018).

زمان آنکوباسیون، نکویی‌برازش مربوط به هر مدل را به‌خوبی نشان می‌دهد (Peripolli et al., 2014). بر این اساس، زابلی (Zaboli, 2016) گزارش کرد که گستردگی مقادیر باقی‌مانده در طول زمان آنکوباسیون در مدل FRC بسیار کمتر از مدل EXP بود که نشان‌دهنده نکویی‌برازش بهتر مدل FRC بود. همچنین در تحقیق دیگری که بر روی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه انجام شد،



شکل ۱- گستردگی مقادیر باقی‌مانده در طول زمان آنکوباسیون بعد از برازش مدل‌ها (مدل‌ها عبارت بودند از اکسپونانسیال (EXP)، گومپرتز (GOM)، ریچارد (RCH) و فرانس (FRC))

Figure 1- Residual dispersion during incubation period after fitting the models (Models were Exponential (EXP), Gompertz (GOM), Richards (RCH) and France (FRC))

(Uckades, 2014).

طی گزارشی اعلام شد، تعداد اجرای کمتر در یک مدل نشان‌دهنده آن است که در آن مدل بیش‌برآورد و یا کم‌برآورد اتفاق افتاده است. درحالی‌که تعداد اجرای بیشتر، نشان‌دهنده پراکندگی تصادفی مقادیر باقی‌مانده (خطاها) بوده و لذا، مدل مورد نظر دارای نکویی‌برازش بهتری است (Dhanoa et al., 2000).

مطابق جدول ۵، تعداد اجراهای به‌دست آمده از ۶۳ منحنی تولید گاز که برای برازش هر مدل استفاده شده بود، در چهار دسته تقسیم شدند. این دسته‌ها شامل تعداد اجرای $3 \leq$ ، $4-5$ ، $6-7$ و $8 \geq$ بودند. مطابق جدول ۵، در مدل EXP، توزیع بیشتر منحنی‌ها در دسته تعداد اجرای $3 \leq$ بود (۵۴ منحنی از ۶۳ منحنی) که نشان‌دهنده ضعف مدل EXP در برازش داده‌ها بود. وضعیت مدل GOM در این خصوص بهتر از مدل EXP بود و توزیع بیشتر منحنی‌ها در دسته تعداد اجرای $4-5$ قرار داشتند (۵۹ منحنی از ۶۳ منحنی). اما در مدل‌های RCH و FRC توزیع بیشتر منحنی‌ها به‌ترتیب در دسته اجرای $6-7$ و $8 \geq$ قرار گرفت که نشان‌دهنده دقت بالاتر این دو مدل در مقایسه با مدل‌های EXP و GOM بود.

نتایج مربوط به آزمون تست اجرا در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس این آزمون، روند پراکندگی سیستمیک خطای آزمایشی (تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر مشاهده شده در هر مدل، مقادیر باقی‌مانده) را می‌توان به‌طور وضوح مورد بررسی قرار داد (Dhanoa et al., 2000). به عبارت دیگر، در یک سری اعداد متوالی، هر یکبار تغییر فاز اعداد (تغییر علامت اعداد از + به - و یا از - به +)، یک اجرا (run) محسوب می‌شود. هر چقدر حجم گاز پیش‌بینی شده در ساعات مختلف آنکوباسیون به‌وسیله یک مدل با دقت بیشتری صورت گیرد، مقادیر باقی‌مانده مربوط به آن مدل، به‌طور تصادفی در طول منحنی تولید گاز پراکنده شده و لذا مقادیر باقی‌مانده دارای تعداد اجرای بیشتری خواهند بود و بر این اساس آن مدل نکویی‌برازش بهتری خواهد داشت (Zaboli et al., 2021). به‌عبارت دیگر، هر چقدر تعداد اجراها در مقادیر باقی‌مانده در یک مدل بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که مقادیر پیش‌بینی شده توسط آن مدل، با مقادیر مشاهده شده بهتر برازش شده است و لذا، مقادیر باقی‌مانده در آن مدل، دارای توزیع تصادفی در طول منحنی تولید گاز بوده و در نهایت، مدل دارای نکویی‌برازش بهتری می‌باشد (Korkmaz and

تست اجرا معنی‌دار نشد، لذا در این منحنی‌ها، مقادیر باقی‌مانده در طول منحنی تولید گاز دارای توزیع تصادفی بودند و بر این اساس، مدل‌های RCH و FRC دارای دقت بیشتری در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز بودند.

مشابه نتایج ما، دانوا و همکاران (Dhanoa et al., 2000) گزارش کردند که از مجموع ۲۱۶ منحنی تولید گاز مربوط به خوراک-های مختلف، تعداد ۹۱ و ۹۲ درصد منحنی‌ها به ترتیب در مدل‌های EXP و GOM در دسته اجرای ۵ ≤ بودند که نشان‌دهنده دقت کمتر این مدل‌ها بود. همچنین، زابلی (Zaboli, 2016) گزارش کرد که در بررسی منحنی تولید گاز علوفه یونجه که با استفاده از مدل‌های مختلف از جمله مدل EXP و FRC انجام گرفت، تعداد ۸۳ درصد منحنی‌ها در مدل EXP در دسته اجرای ۴ ≤ توزیع شدند. در حالی که در مدل FRC تعداد ۶۷ درصد منحنی‌ها در دسته اجرای ۸-۷ توزیع شدند که نشان‌دهنده دقت بیشتر مدل FRC (در مقایسه با مدل EXP) در پیش‌بینی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه بود.

مطابق جدول ۵، آزمون تست اجرا در مدل‌های EXP و GOM معنی‌دار شد ($p < 0.05$). اما در مدل‌های RCH و FRC این آزمون معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). معنی‌دار شدن آزمون تست اجرا در یک مدل، نشان‌دهنده آن است که ترتیب داده‌ها (مقادیر باقی‌مانده) در طول منحنی تولید گاز دارای توزیع تصادفی نیستند و لذا، نوعی خطای سیستمیک در آن مدل وجود دارد که نشان‌دهنده دقت کمتر آن مدل است (Wang et al., 2011). علت وجود خطای سیستماتیک، به دلیل عدم توزیع تصادفی مقادیر باقی‌مانده (تفاوت مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیش‌بینی شده در هر کدام از ساعات انکوباسیون در طول منحنی تولید گاز) می‌باشد. در مطالعه حاضر، در مدل‌های EXP و GOM در تعداد بیشتری از منحنی‌ها (به ترتیب ۴۴ و ۵۳ منحنی از مجموع ۶۳ منحنی) آزمون تست اجرا معنی‌دار شد ($p < 0.05$) که نشان‌دهنده این موضوع بود که در این منحنی‌ها نوعی خطای سیستمیک وجود دارد و بر این اساس، مدل‌های EXP و GOM در پیش‌بینی کینتیک تولید گاز از دقت خوبی برخوردار نبودند. اما در مدل‌های RCH و FRC، با توجه به این که در تعداد بیشتری از منحنی‌ها (به ترتیب ۵۰ و ۶۳ منحنی از مجموع ۶۳ منحنی) آزمون

جدول ۵- نتایج آزمون تست اجرا و توزیع منحنی‌های تولید گاز بر اساس تعداد اجراها در مدل‌های مورد مطالعه

Table 5- Run test results and distribution of gas production curves based on numbers of run in the studied models

	مدل اکسپونانسیال EXP	مدل گومپرتز GOM	مدل ریچارد RCH	مدل فرانس FRC
توزیع منحنی‌ها بر اساس تعداد اجراها (در همه ۶۳ منحنی)				
Distribution of curves according to the number of runs (total curve=63)				
تعداد اجراهای کمتر از سه ≤ 3	54	0	0	0
تعداد اجراهای بین چهار تا پنج 4-5	6	59	20	10
تعداد اجراهای بین شش تا هفت 6-7	3	4	33	22
تعداد اجراهای بیشتر از هشت ≥ 8	0	0	10	31
توزیع منحنی‌ها بر اساس معنی‌دار بودن ($p < 0.05$) و معنی‌دار نبودن ($p > 0.05$) نتایج تست اجرا (در همه ۶۳ منحنی)				
Distribution of the curves according to the significant ($p < 0.05$) and non-significant ($p > 0.05$) of run test results (total curve=63)				
معنی‌دار شده Significant	44	53	13	0
معنی‌دار نشده Non-significant	19	10	50	63

سایر مدل‌ها باشد، آن مدل به‌عنوان دقیق‌ترین مدل از نظر نکویی-برازش انتخاب می‌شود (Zaboli, 2016). مطابق جدول ۶، مقدار آماره‌های فوق در مدل FRC کمترین و در مدل EXP بیشترین مقدار بود و این نشان داد که در بین مدل‌های مورد مطالعه، مدل‌های FRC و EXP به ترتیب بیشترین و کمترین دقت را در پیش‌بینی کینتیک

نتایج مربوط به آماره‌های فاکتور صحت (AF)، معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و معیار اطلاعات بیزی (BIC) در جدول ۶ ارائه شده است. آماره‌های AF، AIC و BIC یک شاخص مناسب برای نشان دادن کیفیت نسبی مدل‌ها و انتخاب بهترین آن‌ها از نظر نکویی-برازش می‌باشد و اگر مقدار آماره‌های فوق در یک مدل کمتر از

زابلی (Zaboli, 2016) با بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای علوفه یونجه با استفاده از مدل‌های EXP و FRC گزارش کرد که مقدار آماره‌های AF، AIC و BIC در مدل EXP بیشتر از مدل FRC بود که مشابه نتایج ما، نشان‌دهنده دقت کمتر مدل EXP بود.

تولید گاز داشتند. وضعیت مدل RCH هم در این خصوص، بهتر از مدل GOM بود. در مطالعه‌ای که بر روی کینتیک تولید گاز سیلاژ ذرت انجام گرفت، آماره AIC در مدل‌های EXP و RCH به ترتیب ۱۴/۲۲۲ و ۱۸/۶۸۶ بود که نشان‌دهنده نکویی برازش ضعیف‌تر مدل EXP در مقایسه با مدل RCH بود (Zaboli and Maleki, 2016).

جدول ۶- آماره‌های فاکتور صحت، معیار اطلاعات آکائیک و معیار اطلاعات بیزی بعد از برازش مدل‌های مورد مطالعه
Table 6- Accuracy factor, Akaike information criterion and Bayesian information criterion statistics after fitting the studied

فراسنجه‌ها Parameters	مدل اکسپونانسیال EXP	مدل گومپرتز GOM	مدل ریچاردز RCH	مدل فرانس FRC
فاکتور صحت (AF) Accuracy factor	52.38	18.98	4.95	2.85
معیار اطلاعات آکائیک (AIC) Akaike information criterion	42.91	43.17	36.03	15.87
معیار اطلاعات بیزی (BIC) Bayesian information criterion	40.15	37.63	17.62	10.04

تخمیر شکمبه‌ای خوراک‌های علوفه‌ای را با دقت بیشتری پیش‌بینی کردند. در بین مدل‌های مورد مطالعه، مدل EXP دارای کمترین دقت و مدل FRC دارای بیشترین دقت بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که مدل‌ها از نظر پیش‌بینی پتانسیل تولید گاز (A) دارای تفاوت معنی‌دار بودند. مدل‌های FRC و RCH نسبت به مدل‌های EXP و GOM دارای نکویی برازش بهتری بودند و کینتیک

References

1. AOAC. (1995). Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. Beuvink, J. M., & Kogut, J. (1993). Modeling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. *Journal of Animal Science*, 71(4), 1041-1046. DOI: 10.2527/1993.7141041x
3. Dhanoa, M. S., Lopez, S., Dijkstra, J., Davies, D. R., Sanderson, R., Williams, A. B., Zileshi, Z., & France, J. (2000). Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: Comparison of models. *British Journal of Nutrition*, 83, 131-142. DOI: 10.1017/s0007114500000179
4. France, J., Dhanoa, M. S., Theodorou, M. K., Lister, M. K., Davies, D. R., & Isac, D. (1993). A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*, 163, 99-111. DOI:10.1006/jtbi.1993.1109
5. Huhtanen, P., Seppälä, A., Ahvenjärvi, S., & Rinne, M. (2008). Prediction of *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and digestion rate of potentially digestible neutral detergent fiber: Comparison of models. *Journal of Animal Science*, 86, 2657-2669. DOI:10.2527/jas.2008-0894
6. Korkmaz, M., & Uckades, F. (2014). An alternative robust model for *in situ* degradation studies. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4(1), 45-51.
7. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (1995). Animal nutrition. Longman Scientific and Technical, New York, USA.
8. Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
9. Moradi, S., & Zaboli, Kh. (2018). Prediction of gas production kinetic in tomato pulp using some nonlinear models. Eleventh National Congress on Biosystem, Engineering and Mechanization, university of Bu Ali Sina, Hamadan. Iran (In Persian)
10. Moradi, S., & Zaboli, Kh. (2018). Prediction of ruminal fermentation kinetics of alfalfa forage using some nonlinear models. Eighth Iranian Animal Science Congress, university of Kurdistan, Sanandaj, Iran (In Persian).
11. Peripolli, V., Prates, E. R., Barcellos, J. O. J., McManus, C. M., Wilbert, C. A., Braccini Neto, J., Camargo, C. M., & Lopes, R. B. (2014). Models for gas production adjustment in ruminant diets containing crude glycerol. *Livestock Research for Rural Development* 26 (2), from <http://www.lrrd.org/lrrd26/2/peri26028.htm>.
12. Pitt, R. E., Cross, T. L., Pell, A. N., Schofield, P., & Doane, P. H. (1999). Use of *in vitro* gas production models in ruminal Kinetics. *Mathematical Biosciences*, 159(2), 145-163. DOI: 10.1016/s0025-5564(99)00020-6

13. Sahin, M., Uckardes, F., Canbolat, O., Kamalak, A., & Atalay, A. I. (2011). Estimation of partial gas production times of some feedstuffs used in ruminant nutrition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi Journal*, 17, 731-734.
14. SAS, (1999). The SAS system for windows. Release 8.0.1. SAS Institute Inc, Cary, USA.
15. Seker, E. (2002). The determination of the energy values of some ruminant feeds by using digestibility trial and gas test. *Revue de Medecine Veterinaire*, 153(5), 323-328.
16. Uckardes, F., & Efe, E. (2014). Investigation on the usability of some mathematical models in *in vitro* gas production techniques. *Slovak Journal of Animal Science*, 47 (3), 172-179.
17. Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
18. Wang, M., Tang, S. X., & Tan, Z. L. (2011). Modeling *in vitro* gas production kinetics: Derivation of Logistic-Exponential (LE) equations and comparison of models. *Animal Feed Science and Technology*, 165, 137-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.09.016>
19. Wang, M., Sun, X. Z., tang, S. X., Tan, Z. L., & Pacheco, (2013). Deriving fractional rate of degradation of logistic-exponential (LE) model to evaluate early *in vitro* fermentation. *Animal*, 7(6), 920-929. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731112002443>
20. Zaboli, Kh., Kalvandy, S., & Malecky, M. 2021. The accuracy of some models to estimate the coefficients of gas production test in corn silage. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 12(4), 467-479 (In Persian) DOI: [10.22067/ijasr.v12i4.80666](https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i4.80666)
21. Zaboli, Kh., & Maleki, M. (2016). Prediction of ruminal fermentation kinetic of corn silage using some models by *in vitro* method. *Journal of Ruminant Research*, 4(3), 117-134. (In Persian) DOI: [10.22069/ejrr.2017.11674.1475](https://doi.org/10.22069/ejrr.2017.11674.1475)
22. Zaboli, Kh., & Moradi, S. (2019). Predicting of gas production kinetic in lemon pulp using some nonlinear models. Fifth National Conference on Livestock, Poultry and Aquaculture Management, Shahid Bahonar university, Kerman. Iran (In Persian)
23. Zaboli, Kh. (2016). Comparison of fitting of some mathematical models to describe the ruminal fermentation kinetics according to gas production technique for alfalfa hay. *Animal Production Research*, 5(3), 35-47. (In Persian)



Effects of L-Carnitine and Emulsifier in Low Energy Diets on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Biochemical Parameters and Meat Oxidative Stability of Broiler Chickens

Ali Shahmoradi¹, Shokoufe Ghazanfari^{2*}, Seyed Davood Sharifi²

Received: 24-07-2022
Revised: 30-09-2022
Accepted: 02-10-2022
Available Online: 02-10-2022

How to cite this article:

Shahmoradi, A., Ghazanfari, S., & Sharifi, S.D. (2023). Effects of L-carnitine and emulsifier in low energy diets on growth performance, nutrient digestibility, blood biochemical parameters and meat oxidative stability of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 531-547.
DOI: [10.22067/ijasr.2022.77845.1090](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.77845.1090)

Introduction The most important effect of using emulsifiers and l-carnitine in the diet is to help the process of digestion and absorption of fats. Improving the efficiency of metabolizable energy consumption and crude protein when emulsifier and l-carnitine supplements used in the diet indicates the positive effect of emulsifiers on the digestion and absorption of fats and other nutrients. Considering the different metabolic activities l-carnitine and emulsifier (lipidol) in broiler chickens, it seems that the use of these compounds together in low-energy diets can significantly improve the performance of broiler chickens. Therefore, the present research investigated the role of lipidol and l-carnitine supplements in reducing the negative effects of low-energy diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, blood biochemical parameters and meat oxidative stability of broiler chickens.

Materials and Methods The experiment was carried out in a completely randomized design with five treatments in four replicates and 12 chickens in each replicate. Broiler chickens were fed with diets including: 1. control diet 2. Low energy diet (150 kcal/kg less than the control diet) 3. Low energy diet + 100 ppm l-carnitine 4. Low energy diet + 1 g / kg lipidol 5. Low energy diet + 100 ppm l-carnitine + 1 g / kg lipidol for 42 days. Then, the growth performance of chickens, carcass characteristics, blood biochemical indicators (total antioxidant capacity, triglyceride, cholesterol, LDL and HDL concentrations), nutrient digestibility (dry matter, protein, fat and organic matter) in starter and grower periods and meat oxidative stability of broiler chickens were measured and recorded. Finally, the analysis of data was performed using GLM method by SAS software. The means were compared using Tukey's multiple range tests.

Results and Discussion The results showed that there was no difference in feed intake between the birds receiving the control diet and the other diets. Weight gain and feed conversion ratio of birds were significantly improved by control diet than other treatments ($P < 0.05$). However, birds receiving low-energy diets containing lipidol + l-carnitine had the same feed conversion ratio (1.79) as birds receiving the control diet (1.75). Birds fed with low-energy diets containing lipidol and lipidol + l-carnitine had better weight gain and feed conversion ratio than birds fed with low-energy diets containing l-carnitine and without additives ($P < 0.05$). Compared to the control treatment, the birds that were fed with low-energy diets containing lipidol and l-carnitine separately and together had a lower abdominal fat percentage (0.4%) ($P < 0.05$). Also, birds fed with the control diet showed a tendency to increase the heart percentage compared to other experimental treatments ($P = 0.06$). Birds fed with low energy diets containing lipidol and lipidol + l-carnitine had higher dry matter (3.6%), protein (7.8%) and fat (6.6%) digestibility in the starter period and higher digestibility of dry matter (6.9%) in the grower period compared to other treatments ($P < 0.05$). In general, in the starter period, the birds fed with control diet showed

1- Former M.Sc. Student, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: shghazanfari@ut.ac.ir

lower digestibility of protein ($P=0.06$) and fat ($P<0.05$), and in the growth period, the digestibility of dry matter was lower than the birds fed with other diets. Birds that were fed with low energy diets containing lipidol and l-carnitine separately or together had higher total antioxidant capacity compared to birds fed with control diet and low energy diet without additives ($P<0.05$). Also, birds that were fed with low-energy diets containing l-carnitine and lipidol + l-carnitine had lower blood triglyceride ($P=0.05$) cholesterol and LDL concentrations compared to birds fed with control diet and low-energy diet without additives ($P<0.05$). Birds fed with low energy diet containing lipidol + l-carnitine increased blood HDL level compared to birds receiving low energy diet without additives ($P<0.05$). Birds that were fed with low-energy diets containing lipidol and l-carnitine separately and together had lower concentrations of malondialdehyde in thigh and breast meats on days 3, 6 and 9 after slaughter and kept in a refrigerator (4C) compared to birds fed with low energy diets without additives and control diet ($P<0.01$).

Conclusion Finally, the simultaneous utilization of 100 ppm l-carnitine and 1 g / kg lipidol in low-energy diet showed similar growth performance when compared with control diet and led to improved carcass quality, fat, protein and dry matter digestibility, blood lipid parameters and meat shelf life of broiler chickens.

Keywords: Emulsifier, L-carnitine, Broiler chickens, Blood lipid parameters, Fat digestibility, Meat shelf life

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۴۷-۵۳۱

اثرات ال-کارنیتین و امولسیفایر در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و پایداری اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی

علی شاهمرادی^۱، شکوفه غضنفری^{۲*}، سید داود شریفی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

چکیده

در آزمایش حاضر، تأثیر افزودن امولسیفایر (لیپیدول) و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و پایداری اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد، ۲- تیمار حاوی جیره کم انرژی (۱۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم کمتر از جیره شاهد)، ۳- جیره کم انرژی + ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین، ۴- جیره کم انرژی + یک گرم در کیلوگرم لیپیدول و ۵- جیره کم انرژی + ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین + یک گرم در کیلوگرم لیپیدول بودند. نتایج پژوهش نشان داد، پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین ضریب تبدیل خوراک (۱/۷۹) مشابهی با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (۱/۷۵) در کل دوره پرورش داشتند. پرندگانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و لیپیدول + ال-کارنیتین تغذیه شدند، قابلیت هضم ماده خشک (۳/۶ درصد)، پروتئین (۷/۸ درصد) و چربی (۶/۶ درصد) بهتری در دوره آغازین و قابلیت هضم ماده خشک (۶/۹ درصد) بهتری در دوره رشد در مقایسه با شاهد داشتند ($P < 0.05$). پرندگانی که با جیره کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین تغذیه شده بودند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و غلظت لیپوپروتئین با چگالی بالا خون بیشتر و همچنین غلظت‌های تری‌گلیسرید، کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی پایین خون کمتری در مقایسه با شاهد داشتند ($P < 0.05$). افزودن لیپیدول و ال-کارنیتین به صورت جدا و با هم در جیره‌های کم انرژی سبب کاهش درصد چربی شکمی (۰/۴ درصد) و غلظت مالون‌دی‌آلدئید گوشت در مقایسه با شاهد شدند ($P < 0.05$). نهایتاً، استفاده هم‌زمان از لیپیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی نسبت به جیره شاهد بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی موجب بهبود کیفیت لاشه، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های چربی خون و ماندگاری گوشت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ال-کارنیتین، امولسیفایر، جوجه‌های گوشتی، فراسنجه‌های چربی خون، قابلیت هضم چربی، ماندگاری گوشت

مقدمه

بخش عمده‌ای از هزینه جیره در صنعت طیور، به تأمین انرژی مورد نیاز جهت دستیابی به حداکثر پتانسیل رشد پرنده مربوط می‌شود.

در جیره طیور، ذرت و روغن سویا از جمله منابع تأمین‌کننده انرژی هستند. انرژی نقش بسیار مهم و محوری در تغذیه جوجه‌های گوشتی دارد. از این رو، یافتن راهکارهایی جهت افزایش قابلیت هضم و جذب چربی‌ها و در نتیجه، استفاده هرچه بیشتر پرنده از انرژی جیره به خصوص در سنین ابتدایی مورد توجه متخصصان تغذیه قرار گرفته است. برای منابع چربی به‌ویژه روغن‌های نباتی بین انسان و حیوانات رقابت وجود دارد و اگر بتوان با استفاده از راهکارهایی، میزان انرژی مصرفی در جیره را کاهش داد، می‌توان این رقابت را برای مواد با ارزشی همچون روغن‌های نباتی کاهش دهیم. از طرفی، کاهش انرژی جیره به تنهایی عواقبی از جمله کاهش مصرف خوراک،

۱- دانشجوی فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

۲- دانشیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

(Email: shghazanfari@ut.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2022.77845.1090

*- نویسنده مسئول:

جیره، سن و وضعیت هورمونی طیور تنظیم می‌شود. همچنین غلظت ال-کارنیتین در بین گونه‌ها، انواع بافت‌ها و شرایط تغذیه‌ای متفاوت می‌باشد. ال-کارنیتین به‌عنوان یک حمل‌کننده ضروری آسیدل در بتاکسیداسیون میتوکندریایی اسیدهای چرب بلند زنجیر به داخل میتوکندری برای تولید انرژی عمل می‌کند و از این طریق مانع تخلیه گلیکوژنی می‌شود و عملکرد میتوکندری و ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد و احتمالاً به‌دلیل خواص پاداکسندگی باعث کاهش آثار مضر رادیکال‌های آزاد خواهد شد. همچنین حذف اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و متوسط زنجیر را که از طریق متابولیسم غیر طبیعی در سلول تجمع کردند را تسهیل می‌کند (Rebouche, 1992). در مطالعه‌ای به بررسی اثر محافظتی ال-کارنیتین بر استرس اکسیداتیو پرداختند. در این تحقیق نشان داده شده است که مصرف ال-کارنیتین سبب کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید به‌میزان ۳۰ درصد در کبد و ۱۰ درصد در سرم نسبت به گروه شاهد می‌شود (Gan et al., 2009). عملکرد آتی‌اکسیدانی ال-کارنیتین در خنثی کردن اثرات اکسیداتیو، بیشتر از همه به توانایی این ترکیب در پاکسازی رادیکال‌های آزاد مربوط می‌شود. به همین دلیل ال-کارنیتین به‌عنوان یک افزودنی مناسب در خوراک برای بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به فعالیت‌های متابولیکی مختلفی که ال-کارنیتین و امولسیفایر (لیپیدول) در جوجه‌های گوشتی دارند، به نظر می‌رسد که استفاده از این ترکیبات به‌صورت با هم در جیره‌های کم انرژی موجب تغییرات قابل توجهی در بهبود صفات عملکردی جوجه-های گوشتی می‌شود. لذا در این تحقیق نقش لیپیدول و ال-کارنیتین در کاهش اثرات منفی جیره‌های کم انرژی بر صفات عملکردی، رشد، خصوصیات لاشه، برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، قابلیت هضم مواد مغذی و پایداری اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزنی ۴۲ گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، چهار تکرار و ۱۲ مشاهده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد، ۲- تیمار حاوی جیره کم انرژی (۱۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم کمتر از جیره شاهد)، ۳- جیره کم انرژی + ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین، ۴- جیره کم انرژی + ۱ گرم در کیلوگرم لیپیدول و ۵- جیره کم انرژی + ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین + ۱ گرم در کیلوگرم لیپیدول بودند. نیازمندی‌های توصیه شده توسط (NRC, 1994) برای دوره‌های مختلف آغازین (۱۰-۱۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) تأمین شدند. جیره‌های آزمایشی بر اساس ذرت-کنجاله سویا به‌استثنای انرژی با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی

عملکرد رشد و ضرایب قابلیت هضم را دارد (Papadopoulos et al., 2018). در چنین مواقعی باید از افزودنی‌هایی استفاده کرد که اثرات منفی جیره‌های کم انرژی را کاهش دهد. یکی از این افزودنی‌ها، ترکیبات امولسیون‌کننده در جیره هستند. اکثر امولسیفایرها دارای ساختمان آمفی‌فیلیک هستند، یعنی هم حاوی گروه‌های قطبی و هم گروه‌های غیرقطبی می‌باشند. در واقع امولسیفایرها دارای دو بخش هیدروفیلیک (آبدوست) و هیدروفوبیک (آبگریز) هستند که با بخش هیدروفیلیک خود در آب و با بخش هیدروفوبیک در قطرات روغن حل می‌شوند (Zhao et al., 2015). هنگامی که امولسیفایرها به دو مایع غیرقابل امتزاج افزوده شوند، در حد فاصل بین دو فاز قرار گرفته و سطح قطرات فاز پراکنده را با ایجاد یک لایه نازک به دور آن پوشش می‌دهند و به این ترتیب فشار بینابینی را کاهش داده و از به هم چسبیدن و یکی شدن قطرات جلوگیری می‌کنند و در نتیجه، موجب پایداری امولسیون می‌گردند. از آن جایی که چربی‌ها در آب نامحلولند و محیط دستگاه گوارش نیز یک محیط آبی است، بنابراین قبل از این که چربی‌ها توسط آنزیم‌های لیپولیتیک هضم شوند، می‌بایست تشکیل امولسیون دهند (Gu and Li, 2003). امولسیفایرها توانایی بهبود قابلیت هضم چربی‌ها خصوصاً چربی‌های حیوانی را دارا می‌باشند، چرا که اسیدهای چرب موجود در چربی‌های حیوانی معمولاً به‌صورت اشباع بوده و به‌شدت به تشکیل میسل برای جذب نیاز دارند. همچنین ممکن است در غلبه بر ناکافی بودن میزان صفرای تولیدی توسط کبد و بازچرخ آن در پرندگان جوان نقش داشته باشند. در تحقیقی اثبات نمودند که لیزوفسفاتی‌دیل کولین قابلیت هضم ظاهری اسیدهای چرب، میزان اضافه وزن و ضریب تبدیل خوراک را در جوجه‌های گوشتی جوان بهبود داد. مهم‌ترین تأثیر استفاده از امولسیفایرها در جیره، کمک به فرآیند هضم و جذب چربی‌هاست. بهبود راندمان مصرف انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام در هنگام استفاده از مکمل امولسیفایر در جیره، نشان‌دهنده اثر مثبت امولسیفایر بر هضم و جذب چربی‌ها و سایر مواد مغذی می‌باشد (Sugawara et al., 2001).

معمولاً اکثر پرورش‌دهندگان طیور از منابع معمول پروتئین و معمولاً از کنجاله سویا برای تأمین پروتئین مورد نظر طیور استفاده می‌کنند. اما جیره‌های با منشأ گیاهی، از مقدار ال-کارنیتین کمی بهره‌مند می‌باشند (Abedpour et al., 2017). ال-کارنیتین (بتا‌هیدروکسی گاما-تری متیل آمینو بوتیرات) یک آمین چهار ظرفیتی قابل حل در آب با وزن مولکولی ۱۶۲/۱۲ دالتون است. ال-کارنیتین از اسیدهای آمینه ضروری ال-لیزین و ال-متیونین سنتز می‌شود. زنجیره چهار کربنی ال-کارنیتین توسط ال-لیزین و گروه-های متیل آن از ال-متیونین مشتق شده است. سنتز متابولیکی ال-کارنیتین در حد نیاز انجام می‌شود. اما در شرایط استرس‌زا و در حیوانات با عملکرد بالا صادق نیست. بیوستتر ال-کارنیتین توسط نوع

اندازه‌گیری شدند (Benzie and Strain, 1996). برای بررسی قابلیت هضم مواد مغذی، پنج روز قبل از پایان دوره‌های آغازین (۱۰ روزگی) و رشد (۲۴ روزگی)، به جیره غذایی پرندگان مقدار یک درصد سلیت به‌عنوان مارکر غیر قابل هضم اضافه شد. مطالعه قابلیت هضم شامل سه روز دوره عادت‌پذیری و دو روز جمع‌آوری مدفوع بود. بعد از جدا کردن پر و اشیای خارجی از نمونه‌های مدفوع، به ظروف شماره‌دار انتقال و برای آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. ادامه، نمونه‌های جیره‌های مارکدار و مدفوع پرندگان از لحاظ درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام مورد آنالیز قرار گرفتند (Schneitz et al., 1998). سپس قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

معادله (۱)

$$100 \times \left(\frac{\text{درصد ماده مغذی فضولات}}{\text{درصد ماده مغذی جیره}} \times \frac{\text{درصد مارکر جیره}}{\text{درصد مارکر فضولات}} - 1 \right) = \text{درصد قابلیت هضم}$$

در ۴۲ روزگی یک پرنده از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از کشتار نمونه‌های ۲۰ گرمی از گوشت ران و سینه جدا و به کیسه‌های تحت خلأ انتقال یافت و به‌منظور بررسی پایداری اکسیداتیو گوشت به فریزر -۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. سنجش غلظت مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از واکنش تیوباربی‌توریک اسید انجام گرفت. این روش بر اساس مقدار جذب نوری کمپلکس صورتی رنگ حاصل از واکنش یک مولکول مالون‌دی‌آلدئید با دو مولکول تیوباربی‌توریک اسید استوار است. میزان جذب نوری نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Perkin Elmer Lambda25 در طول موج ۵۲۱/۵ نانومتر قرائت شدند. سپس مقدار مالون‌دی‌آلدئید در هر نمونه (میکروگرم بر گرم) با توجه به منحنی استاندارد محاسبه شد. برای محاسبه میزان مالون‌دی‌آلدئید، نمونه‌های گوشت ران و سینه بعد از یخ‌کشایی به‌مدت سه، شش و نه روز در یخچال نگهداری شدند و سپس میزان مالون‌دی‌آلدئید در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Botsoglou et al., 1994). داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه ۹ برای مدل آماری (رابطه ۲) تجزیه شدند. میانگین‌ها به‌کمک آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند. شاهد با استفاده از مقایسه‌های مستقل با دیگر تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد مقایسه شد. مدل آماری به‌صورت ذیل است.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله، Y_{ij} : مقدار مشاهده شده، μ : میانگین جمعیت، T_i : اثر تیمارها و e_{ij} : خطای آزمایشی است.

UFFDA تنظیم گردیدند (جدول ۱). جوجه‌ها در طول آزمایش به سالی دارای ۲۰ پن (طول و عرض ۱۰۰ سانتی‌متر) منتقل شدند و به‌صورت آزاد به آب و غذا دسترسی داشتند. برنامه‌های مدیریت پرورش جوجه‌ها، شامل دما، نور، واکسیناسیون، تراکم و بستر به‌طور یکسان و مطابق با شرایط استاندارد توصیه شده انجام شد. پرمیکس ال-کارنیتین به‌صورت پودر مخلوط در دان در بسته‌های آلومینیومی پنج کیلوگرمی از شرکت کیان افرا پارس تهیه شد. لیپیدول نیز از شرکت تولیدی و صنعتی گروه سنا در بسته‌های ۲۵ کیلوگرمی تهیه شد. لیپیدول شامل پنج ترکیب پلی اتیلن گلایکول رسینولات، لیزوفسفاتیدیل کولین، لیزوفسفاتیدیک اسید، لیزوفسفاتیدیل اتانول آمین و لیزوفسفاتیدیل اینوزیتول است. پرمیکس ال-کارنیتین و لیپیدول در ابتدا به‌صورت جداگانه با یک کیلوگرم ذرت آسیاب شده مخلوط شده و به وزن ۱۰ کیلوگرم رسیده و پس از آسیاب شدن کل جیره به آن اضافه شد.

مصرف خوراک در هر واحد آزمایشی به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. مصرف خوراک واحدهای آزمایشی از کسر خوراک مصرف شده در ابتدای دوره از خوراک اختصاص داده شده در شروع دوره، بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. در طول دوره آزمایش تعداد تلفات و وزن آن‌ها ثبت شد تا در محاسبه افزایش وزن و خوراک مصرفی جوجه‌های تلف شده در طی آزمایش منظور شود. میانگین افزایش وزن بدن جوجه‌های هر تکرار با توزین وزن جوجه‌های هر قفس در ابتدا و انتهای دوره به‌دست آمد. قبل از توزین پرندگان، به جوجه‌ها به‌مدت چهار ساعت محرومیت مصرف آب و دان تحمیل گردید تا از لحاظ خالی بودن محتویات دستگاه گوارش همسان باشند. ضریب تبدیل خوراک با تقسیم خوراک مصرفی هر جوجه در هر دوره بر میزان افزایش وزن محاسبه شد. در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، از هر تکرار دو قطعه جوجه با وزن نزدیک به میانگین انتخاب، توزین و کشتار شدند. پس از کشتار و پرکنی، محتویات شکم به‌دقت خارج شد. سپس وزن لاشه، کل دستگاه گوارش، کبد، قلب، چربی شکمی، بورس فابریوس، طحال، سینه و ران اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

به‌منظور بررسی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، در پایان آزمایش (۴۲ روزگی) از هر تکرار دو پرنده با وزن نزدیک به میانگین تکرار انتخاب و مقدار چهار میلی‌لیتر خون از طریق سیاهرگ بال از هر پرنده گرفته شد. سرم نمونه‌ها به‌کمک سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جدا شد. غلظت‌های تری‌گلیسرید، کلسترول و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی بالا و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی پایین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم خون با استفاده از کیت تجاری (شرکت پارس آزمون، تهران)

جدول ۱- جیره‌های پایه و کم انرژی در دوره‌های مختلف آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)

Table 1- Basal and low energy diets at different periods including starter (1 to 10 days), grower (11 to 24 days) and finisher (25 to 42 days)

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	آغازین Starter		رشد Grower		پایانی Finisher	
	جیره کم انرژی	جیره کنترل	جیره کم انرژی	جیره کنترل	جیره کم انرژی	جیره کنترل
	Low energy diet	Control diet	Low energy diet	Control diet	Low energy diet	Control diet
ذرت Corn	51.73	56.00	58.93	63.10	64.23	67.50
گلوتن ذرت Corn gluten	0.7	3.5	0.6	2.8	0	2.5
کنجاله سویا Soybean meal	40.2	35.5	32.0	28.3	28.0	24.5
کنساتره A یا B ^۱ Concentrate A or B ¹	2.5	2.0	2.5	2.5	2.5	2.0
روغن سویا Soybean oil	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5	0.9
ماسه Sand	0	0	1.3	0	1.0	0
سنگ آهک Limestone	1.8	0.68	1.4	0.68	1.3	0.68
دی کلسیم فسفات DiCalcium phosphate	1.6	0.8	1.6	0.8	1.3	0.8
نمک Salt	0.35	0.30	0.35	0.30	0.35	0.30
ال- لیزین L-lysine	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
دی- ال- متیونین DL- methionine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینه ^۲ Vitamin premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل معدنی ^۳ Mineral premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ترکیبات شیمیایی (محاسبه شده) Nutrient Composition (calculated)						
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2850	3000	2900	3050	2950	3100
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23.0	23.0	20.0	20.0	18.3	18.3
چربی (درصد) Fat (%)	2.30	2.50	2.30	2.60	2.64	2.79
کلسیم (درصد) Calcium (%)	1.06	0.90	1.09	1.1	0.85	0.70
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.55	0.48	0.52	0.48	0.44	0.40
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.15	0.17	0.18	0.17	0.19	0.17
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.65	0.68	0.55	0.56	0.51	0.52
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.20	1.34	1.10	1.05	0.90	0.90

متیونین+سیستئین(درصد)	0.90	0.92	0.81	0.79	0.75	0.74
Methionine + cysteine (%)						
<p>^۱ کنسانتره A: در یک کیلوگرم کنسانتره، ۱۳۰۰ کیلوکالری انرژی قابل‌متابولیسم، ۴/۷ درصد لیزین، ۱۰/۳۵ درصد متیونین، ۲/۶ درصد ترئونین، ۱۹/۶ درصد کلسیم، ۱۲/۸ درصد فسفر قابل دسترس، ۲/۹ درصد سدیم و ۴/۲ درصد کلر (۱ تا ۲۴ روزگی). کنسانتره B: در یک کیلوگرم کنسانتره، ۱۱۷۰ کیلوکالری انرژی قابل‌متابولیسم، ۵/۲ درصد لیزین، نه درصد متیونین، ۲/۸ درصد ترئونین، ۲۱ درصد کلسیم، ۱۲/۲ درصد فسفر قابل‌دسترس، ۲/۶ درصد سدیم و ۳/۸ درصد کلر (۲۵ تا ۴۲ روزگی)</p> <p>^۲ در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر تأمین می‌شود: ویتامین A: ۹۰۰ IU، ویتامین D₃: ۲۰۰۰ IU، ویتامین E: ۱۸ IU، ویتامین K₃: دو میلی‌گرم، ویتامین B₁: ۸/۱ میلی‌گرم، ویتامین B₂: ۶/۶ میلی‌گرم، ویتامین B₆: سه میلی‌گرم، ویتامین B₁₂: ۱۵ میکروگرم، نیاسین: ۳۰ میلی‌گرم، اسید پانتوتیک: ۱۰ میلی‌گرم، بیوتین: یک میلی‌گرم، آنتی‌اکسیدانت: ۱۰۰ میلی‌گرم، منگنز: ۱۰۰ میلی‌گرم، آهن: ۵۰ میلی‌گرم، روی: ۸۵ میلی‌گرم، مس: ۱۰ میلی‌گرم، ید: ۵/۱ میلی‌گرم، سلنیوم: ۲ میلی‌گرم.</p> <p>^۱ Concentrate A= in 1 kg of concentrate, 1300 kcal of metabolizable energy, 4.7% lysine, 10.35% methionine, 2.6% threonine, 19.6% calcium, 12.8% available phosphorus, 2.9 % sodium and 4.2% chlorine (1 to 24 days). Concentrate B= in 1 kg of concentrate, 1170 kcal of metabolizable energy, 5.2% lysine, 9% methionine, 2.8% threonine, 21% calcium, 12.2% available phosphorus, 2.6% sodium and 3.8% chlorine (25 to 42 days).</p> <p>^۲ The following values are provided per kg of diet: vitamin A: 900 IU, vitamin D₃: 2000 IU, vitamin E: 18 IU, vitamin K₃: 2 mg, vitamin B₁: 8.1 mg, vitamin B₂: 6.6 mg, vitamin B₆: 3 mg, vitamin B₁₂: 15 µg, niacin: 30 mg, pantothenic acid: 10 mg, biotin: 1 mg, antioxidants: 100 mg, manganese: 100 mg, iron: 50 mg, zinc: 85 mg, copper: 10 mg, iodine: 5.1 mg, selenium: 2mg</p>						

نتایج و بحث

تأثیر لیپیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش در جدول ۲ آورده شده است. در دوره آغازین، مصرف خوراک پرندگان تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. تغذیه پرندگان با جیره‌های کم انرژی بدون افزودنی یا حاوی لیپیدول یا ال-کارنیتین به صورت جدا منجر به کاهش بازده ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد شدند ($P < 0.05$). افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک بین پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (۲۲۰/۱ گرم، ۱/۳۳) و پرندگان دریافت‌کننده جیره کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین (۲۱۶/۶ گرم، ۱/۳۴) مشابه بود. در دوره رشد، مصرف خوراک پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های کم انرژی حاوی ال-کارنیتین یا ال-کارنیتین + لیپیدول در مقایسه با پرندگان دریافت‌کننده جیره کم انرژی بدون افزودنی کمتر بود ($P < 0.05$). تفاوتی بین پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد و سایر جیره‌ها از نظر مصرف خوراک وجود نداشت. افزایش وزن پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد و پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین مشابه بود. افزایش وزن پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی بدون افزودنی و حاوی ال-کارنیتین بیشتر بود ($P < 0.05$). همچنین، ضریب تبدیل خوراک بین پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد و جیره کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین مشابه بود. بدترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی بود ($P < 0.05$).

در دوره پایانی، مصرف خوراک پرندگان تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. جیره‌های کم انرژی حاوی

ال-کارنیتین و لیپیدول به صورت جدا و توأم با یکدیگر سبب کاهش بازده افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک پرندگان نسبت به شاهد شدند ($P < 0.05$). پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و لیپیدول + ال-کارنیتین نسبت به پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های کم انرژی بدون افزودنی و ال-کارنیتین افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک بهتری داشتند ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی ال-کارنیتین افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی بدون افزودنی داشتند ($P < 0.05$). در کل دوره پرورش، مصرف خوراک پرندگان تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد نسبت به پرندگان دریافت‌کننده سایر جیره‌ها بهتر بود ($P < 0.05$). با این حال، پرندگان دریافت‌کننده جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین ضریب تبدیل خوراک (۱/۷۹) مشابهی با پرندگان دریافت‌کننده جیره شاهد (۱/۷۵) داشتند. پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و لیپیدول + ال-کارنیتین نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی ال-کارنیتین و بدون افزودنی افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک بهتری داشتند ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی ال-کارنیتین نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی بدون افزودنی ضریب تبدیل خوراک بهتری داشت ($P < 0.05$).

جدول ۲- اثر لیدیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد جوجه گوسنتی طی دوره‌های مختلف آزمایشی
Table 2- Effect of lipidol and L-carnitine in low energy diets on growth performance of broiler chicken during different experimental periods

پارامترها Parameters	شاهد Control	جیره کم انرژی Low energy diet	جیره کم انرژی + ال-کارنیتین Low energy diet + L-carnitine	جیره کم انرژی + لیدیدول Low energy diet + Lipidol	جیره کم انرژی + لیدیدول + ال-کارنیتین Low energy diet + L-carnitine + Lipidol	میانگین خطای SEM در استاندارد	احتمال P-value	مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control
دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 day)								
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	292.1	297.2	291.1	290.1	291.4	4.61	0.83	0.95
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	220.1 ^a	191.5 ^d	199.5 ^{cd}	207.9 ^{bc}	216.6 ^{ab}	2.71	<0.0001	<0.0001
ضریب تبدیل خوراک Food conversion ratio	1.33 ^d	1.55 ^a	1.46 ^b	1.39 ^c	1.34 ^{cd}	0.012	<0.0001	<0.0001
دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 day)								
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	1359 ^{ab}	1408 ^a	1311 ^b	1343 ^{ab}	1318 ^b	17.4	0.0096	0.48
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	828 ^a	762 ^b	766 ^b	795 ^{ab}	798 ^{ab}	8.45	0.0004	0.0001
ضریب تبدیل خوراک Food conversion ratio	1.64 ^d	1.85 ^a	1.71 ^b	1.69 ^{bc}	1.65 ^{cd}	0.01	<0.0001	<0.0001
دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) finisher (25-42 day)								
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	2708	2572	2622	2656	2660	38.8	0.21	0.09
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	1438 ^a	1202 ^d	1264 ^c	1332 ^b	1365 ^b	14.1	<0.0001	<0.0001
ضریب تبدیل خوراک Food conversion ratio	1.88 ^d	2.14 ^a	2.07 ^b	1.99 ^c	1.95 ^c	0.013	<0.0001	<0.0001
کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Total period (1-42 day)								
مصرف خوراک (گرم در دوره) Feed intake (g/period)	4359	4240	4214	4275	4270	53.5	0.42	0.09
افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)	2486 ^a	2139 ^c	2225 ^c	2328 ^b	2379 ^b	22.1	<0.0001	<0.0001
ضریب تبدیل خوراک Food conversion ratio	1.75 ^d	1.98 ^a	1.89 ^b	1.83 ^c	1.79 ^{cd}	0.011	<0.0001	<0.0001

^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).
^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05).

مقایسه با شاهد، پرنده‌گانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و ال-کارنیتین به صورت جدا و با هم تغذیه شده بودند درصد چربی حفره شکمی کمتری داشتند ($P < 0/05$). همچنین، پرنده‌گان تغذیه شده با جیره شاهد تمایل به بزرگ‌تر شدن درصد قلب نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند ($P = 0/06$). تمایل به کاهش وزن نسبی کبد ($P = 0/18$) و افزایش درصد سینه ($P = 0/15$) در پرنده‌گان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و ال-کارنیتین به صورت جدا و با هم نسبت به پرنده‌گان تغذیه شده با جیره کم انرژی بدون افزودنی مشاهده شد (جدول ۳).

در پرنده‌گان کبد نقش مهمی در متابولیسم چربی در بدن ایفا می‌کند و ۹۵ درصد سنتز اسیدهای چرب در کبد اتفاق می‌افتد. در جیره‌های با انرژی بالاتر، انرژی اضافه برای ذخیره شدن توسط کبد به چربی تبدیل می‌شود و فشار بر روی کبد و فعالیت آن وارد می‌شود. احتمالاً کاهش وزن کبد و چربی محوطه بطنی ممکن است به دلیل کاهش تجمع چربی در کبد و محوطه شکمی باشد (Boontiam et al., 2017).

همچنین لیئوفسفولیپید موجب تغییر در گردش و تسهیل جذب چربی و پروتئین برای تبدیل به عضلات به جای رسوب چربی در شکم می‌شود که در نتیجه بر روی رسوبات اسید چرب و اسید آمینه در گوشت اثر می‌گذارد. همچنین، گزارش کردند که افزودن ۰/۱۵ درصد لیئوفسفولیپید می‌تواند وزن سینه را افزایش دهد که مطابق با آزمایش حاضر می‌باشد (Boontiam et al., 2017). نشان دادند، افزودن ۰/۰۵ درصد امولسیفایر ممکن است وزن طحال را افزایش دهد، اما تأثیر کمی بر عملکرد لاشه در زمان اضافه شدن به جیره‌های با ۱۵۰ کیلوکالری انرژی پایینتر از حد توصیه شده تجاری دارد (Cho et al., 2012). در آزمایشی دیگر با افزودن لیئوفسفولیپید به جیره جوجه‌های گوشتی هیچ‌گونه تغییر در گروه‌های آزمایشی در مورد بازده لاشه، وزن سینه، ران و بال‌ها مشاهده نکردند (Zampiga et al., 2016). همچنین مشخص شد که استفاده از ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین در جیره جوجه‌های گوشتی باعث کاهش چربی حفره بطنی می‌شود. کاهش چربی حفره بطنی ناشی از افزایش انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری توسط ال-کارنیتین و در نتیجه، بتاکسیداسیون بیشتر اسیدهای چرب است. این موضوع می‌تواند دلیل مهمی برای کاهش مقدار چربی محوطه بطنی باشد (Parsaeimehr et al., 2013).

کاهش میزان رشد جوجه‌ها به دنبال کاهش سطح انرژی جیره در بعضی از پژوهش‌ها گزارش شده است. سطح انرژی در خوراک به شدت بر ترکیب بدن و عملکرد رشد تأثیر می‌گذارد (Saleh et al., 2020; Papadopoulos et al., 2018). در پژوهشی نشان دادند که افزودن امولسیفایر موجب افزایش خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی می‌شود. همچنین این محققان پیشنهاد کردند که اضافه نمودن امولسیفایر، عملکرد تولید را بهبود می‌بخشد (Pashae Jalal et al., 2021). در آزمایش حاضر، ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش در پرنده‌گان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی ال-کارنیتین + لیپیدول در مقایسه با پرنده‌گان تغذیه شده با جیره شاهد مشابه بود. ترکیبات حاوی فسفولیپید علاوه بر بخش آبدوست، دارای بخش آب‌گریز نیز هستند و این بخش تمایل بالایی برای ترکیب با روغن‌ها و چربی‌های جیره در روده کوچک دارد و می‌تواند موجب افزایش امولسیون شدن و جذب بهتر مواد مغذی و در مجموع، بهبود عملکرد جوجه‌های جوان گردد. مشاهده شده است که مکمل نمودن جیره با امولسیفایرها قابلیت هضم چربی را به‌ویژه در جیره‌های حاوی سطوح بالای چربی افزایش داده و بازده استفاده از چربی و در نتیجه، ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد (Roy et al., 2010). در پژوهشی نشان دادند که افزودن ۲۵۰ گرم در تن امولسیفایر آرتیفیال به جیره‌هایی با کاهش انرژی، سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌شود (Pashae Jalal et al., 2021). ال-کارنیتین از طریق تسهیل در انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیر از غشاء به داخل میتوکندری، می‌تواند نقش مهمی در فرآیند بتا-اکسیداسیون ایفا نموده و منجر به تولید ATP و در نهایت، افزایش سطح انرژی در بدن پرنده شود (Zhang et al., 2010). محققین بیان کردند که تغذیه ال-کارنیتین (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک و شاخص تولید در هر دو دوره پایانی و کل پرورش شد (Babazadeh Aghdam et al., 2015). در آزمایش حاضر، در کل دوره پرورش، پرنده‌گان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی ال-کارنیتین نسبت به پرنده‌گان تغذیه شده با جیره کم انرژی بدون افزودنی افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک بهتری داشتند. بهبود عملکرد ناشی از مصرف ال-کارنیتین می‌تواند با بهبود استفاده از اسیدهای چرب و انرژی جیره در ارتباط باشد.

درصد نسبی وزن کبد، قلب، طحال، بورس، لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. در

جدول ۳- اثر لیپیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر خصوصیات لاشه (درصد از وزن بدن زنده) جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 3- Effect of lipidol and L-carnitine in low energy diets on carcass characteristics (% live body weight) of broiler chicken at 42 day

پارامترها Parameters	شاهد Contr ol	جیره کم انرژی Low energy diet	جیره کم انرژی + ال-کارنیتین Low energy L- + diet carnitine	جیره کم انرژی + لیپیدول Low energy lipidol + diet	جیره کم انرژی + ال- کارنیتین + لیپیدول low energy diet + L- carnitine + lipidol	میانگین خطای استاندارد SEM	احتمال P-value	مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control
کبد (درصد) Liver (%)	2.24	2.31	2.19	2.15	2.08	0.066	0.18	0.42
قلب (درصد) Heart (%)	0.543	0.511	0.480	0.489	0.541	0.017	0.06	0.06
طحال (درصد) Spleen (%)	0.112	0.117	0.121	0.095	0.103	0.009	0.25	0.75
بوس (درصد) Bursa of fabricius (%)	0.171	0.182	0.169	0.199	0.190	0.011	0.33	0.27
بازده لاشه (درصد) Carcass yield (%)	66.3	62.8	65.4	65.2	65.7	1.37	0.47	0.34
چربی شکمی (درصد) Abdominal fat (%)	1.85 ^a	1.77 ^{ab}	1.42 ^{bc}	1.45 ^{bc}	1.37 ^c	0.08	0.002	0.002
سینه (درصد) Breast (%)	26.3	22.9	25.8	26.1	26.6	1.07	0.15	0.44
ران (درصد) Thigh (%)	18.5	19.6	18.8	19.1	19.2	0.63	0.78	0.35
دستگاه گوارش (درصد) Gastrointestinal tract (%)	7.15	7.04	7.12	7.09	7.13	0.18	0.99	0.79

^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

شاهد نسبت به پرندگان تغذیه شده با سایر جیره‌های آزمایشی کمتر بود. در دوره رشد، قابلیت هضم ماده خشک پرندگانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و لیپیدول + ال-کارنیتین تغذیه شده بودند در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی ال-کارنیتین، بدون افزودنی و شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). تفاوتی از نظر قابلیت هضم پروتئین، چربی و ماده آلی بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. در کل قابلیت هضم ماده خشک ($P < 0.05$) پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد نسبت به پرندگان تغذیه شده با سایر جیره‌های آزمایشی کمتر بود (جدول ۴).

در دوره آغازین، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی پرندگانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و لیپیدول + ال-کارنیتین تغذیه شده بودند در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی حاوی ال-کارنیتین، بدون افزودنی و شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). با این حال، قابلیت هضم چربی پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی ال-کارنیتین در مقایسه با جیره کم انرژی بدون افزودنی بیشتر بود ($P < 0.05$). تفاوتی از نظر قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. در کل قابلیت هضم پروتئین ($P = 0.06$) و چربی ($P < 0.05$) پرندگان تغذیه شده با جیره

جدول ۴- اثر لیپیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر قابلیت هضم مواد مغذی (درصد) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین و رشد
Table 4- Effect of lipidol and L-carnitine in low energy diets on nutrient digestibility (%) of broiler chicken at starter and grower periods

پارامترها Parameters	شاهد Control	جیره کم انرژی Low energy diet	جیره کم انرژی + ال-کارنیتین Low energy diet + L-carnitine	جیره کم انرژی + لیپیدول Low energy diet + lipidol	جیره کم انرژی + ال-کارنیتین + لیپیدول Low energy diet + L-carnitine + lipidol	میانگین خطای استاندارد SEM	احتمال P-value	مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control
دوره آغازین Starter period								
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	72.1 ^{bc}	69.5 ^c	70.5 ^c	74.3 ^{ab}	75.2 ^a	0.66	<0.0001	0.75
پروتئین (درصد) Protein (%)	68.3 ^b	67.9 ^b	68.4 ^b	73.5 ^a	73.8 ^a	1.14	0.002	0.06
چربی (درصد) Fat (%)	72.9 ^{bc}	71.2 ^c	75.8 ^{ab}	77.3 ^a	78.1 ^a	0.89	0.0003	0.02
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	71.4	70.1	71.5	70.6	72.8	0.85	0.26	0.86
دوره رشد Grower period								
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	78.2 ^b	77.5 ^b	78.4 ^b	82.7 ^a	84.5 ^a	0.78	<0.0001	0.01
پروتئین (درصد) Protein (%)	65.9	64.3	65.8	66.5	66.9	0.83	0.28	0.97
چربی (درصد) Fat (%)	80.5	79.8	83.4	84.2	82.7	1.32	0.14	0.19
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	72.5	72.3	73.8	71.7	72.6	0.96	0.66	0.94

^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

گوارش می‌باشد. افزودن امولسیفایرهای همچون لسیتین و سایر لیزوفسفولیپیدها به جیره طیور قابلیت هضم مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Jansen et al., 2015). تحقیقات نشان داد افزودن لسیتین به جیره جوجه‌های گوشتی قابلیت هضم اسیدهای چرب و چربی خام را به‌طور غیرخطی بهبود می‌بخشد، اگر چه قابلیت هضم اسید آمینه و پروتئین خام تحت تأثیر لسیتین سووا قرار نگرفت (Hertrampf, 2001). استفاده از ال-کارنیتین در تغذیه طیور سبب تحریک سیستم‌های هضمی، بهبود نقش کبد و افزایش ترشح آنزیم‌های هضمی لوزالمعده می‌شود. در تحقیق حاضر، افزودن ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی، قابلیت هضم چربی خام را در دوره آغازین بهبود داد. مطابق با این نتایج، گزارش کردند که ال-کارنیتین (۱۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره به‌طور قابل توجهی قابلیت هضم چربی خام و ماده خشک را افزایش داد (Rejabszadeh et al., 2013). بنابراین، ال-کارنیتین می‌تواند به‌عنوان محرک رشد با بهبود

قابلیت هضم فیزیولوژیکی چربی در طیور جوان به‌شکل ضعیفی توسعه یافته است، ولی از ۱/۵ تا ۳/۵ هفتگی به‌شکل وسیعی بهبود پیدا می‌کند. بنابراین، مطالعات بسیاری بر روی تأمین امولسیفایرها برای بهبود هضم چربی متمرکز شده‌اند (Ge et al., 2019). گزارش کردند که مکمل سدیم استروئیل-۲-لاکتیلات در جیره‌های کم انرژی موجب بهبود عملکرد رشد و کاهش اثرات منفی ایجاد شده توسط کاهش انرژی جیره می‌شود (Wang et al., 2016). قابلیت هضم چربی و ماده خشک در جوجه‌های جوان تغذیه شده با جیره حاوی لیزوفسفولیپید بالاتر از جیره‌های بدون مکمل بود (Jansen et al., 2015). این گزارشات با نتایج این پژوهش مطابقت داشت که افزودن یک گرم در کیلوگرم لیپیدول به جیره کم انرژی قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی را در دوره آغازین و قابلیت هضم ماده خشک را در دوره رشد بهبود داد. دلیل اثر فسفولیپیدها بر بهبود هضم چربی، خاصیت امولسیون‌کنندگی آن‌ها و تشکیل میسل در دستگاه

تری‌گلیسیرید خون کاهش می‌یابد. تغذیه کارنیتین فعالیت لیپاز را افزایش و لیپوپروتئین لیپاز را کاهش می‌دهد و از این طریق منجر به تسریع هیدرولیز تری‌گلیسیرید به گلیسرول و اسیدهای چرب می‌شود، در حالی که مقدار تری‌گلیسیرید خون را کاهش می‌دهد (Zhang et al., 2010). در پژوهشی، مکمل ال-کارنیتین (سطوح ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره جوجه‌های گوشتی اضافه شد. این پژوهشگران گزارش کردند که سطوح ال-کارنیتین تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم خون داشت و سبب کاهش مالون‌دی‌آلدئید و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم خون شد (Hosseintabar et al., 2017).

پرنده‌گانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و ال-کارنیتین به صورت جدا و با هم تغذیه شده بودند غلظت مالون‌دی‌آلدئید گوشت ران و سینه کمتری در روزهای سه، شش و نه روز پس از کشتار و نگهداری در یخچال (چهار درجه سلسیوس) در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی بدون افزودنی و جیره شاهد داشتند (جدول ۶). (P<۰/۰۱) اکسیداسیون لیپید یک مکانیسم مهم است که کیفیت گوشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث تغییرات مضر در بو و مزه، بافت، رنگ و ارزش غذایی می‌شود. مالون‌دی‌آلدئید مهم‌ترین شاخص پراکسید چربی و استرس اکسیداتیو بافت‌های بدن است که به طور غیر مستقیم آسیب به سلول را نشان می‌دهد (Gan et al., 2009). میزان اکسیداسیون محتوای لیپید خوراکی‌ها و گوشت به سطح چربی، ترکیب اسیدهای چرب و شرایط نگهداری آن‌ها بستگی دارد. در اثر اکسیداسیون اولیه اسیدهای چرب غیراشباع، مالون‌دی‌آلدئید تشکیل می‌شود که این واکنش با افزایش غیر اشیاعیت چربی جیره با سرعت و کمیت بیشتری انجام می‌شود. اکسیداسیون اجزای چربی در بافت‌های ماهیچه از جمله دلایل مهم آسیب دیدن کیفیت گوشت بعد از ذبح می‌باشد. مقادیر تیوباریوتیک که بر حسب غلظت مالون‌دی‌آلدئید بیان می‌شود، به‌عنوان شاخصی جهت بیان درجه اکسیداسیون گوشت محسوب می‌شود (Bou et al., 2006). در رابطه با امولسیفایر نتایج نشان دادند که افزودن ۰/۱ درصد لسیتین سویا به جیره جوجه‌های گوشتی موجب کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید و افزایش سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با جیره شاهد و جیره حاوی ۰/۰۵ لسیتین درصد می‌شود (Siyal et al., 2017).

قابلیت هضم همراه باشد. در مطالعه‌ای گزارش شده است که ال-کارنیتین موجب افزایش فعالیت لیپاز و کاهش لیپوپروتئین لیپاز سرم می‌شود (Zhang et al., 2010). بنابراین، بهبود قابلیت هضم چربی می‌تواند به علت افزایش فعالیت لیپاز باشد.

پرنده‌گانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی لیپیدول و ال-کارنیتین به صورت جدا یا با هم تغذیه شده بودند، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتری نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد و جیره کم انرژی بدون افزودنی داشتند (P<۰/۰۵). همچنین، پرنده‌گانی که با جیره‌های کم انرژی حاوی ال-کارنیتین و لیپیدول + ال-کارنیتین تغذیه شده بودند، غلظت تری‌گلیسیرید (P=۰/۰۵)، کلسترول و LDL خون کمتری نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد و جیره کم انرژی بدون افزودنی داشتند (P<۰/۰۵). سطح HDL خون پرندگان تغذیه شده با جیره کم انرژی حاوی لیپیدول + ال-کارنیتین نسبت به پرندگان دریافت‌کننده جیره کم انرژی بدون افزودنی بیشتر بود (P<۰/۰۵) (جدول ۵).

در آزمایشی گزارش کردند که غلظت کلسترول، تری‌گلیسیرید و LDL در پلاسمای خون جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۱/۶ درصد لسیتین کمتر از غلظت ترکیبات مذکور در پرندگان شاهد و پرندگان تغذیه شده با ۰/۲ درصد لسیتین می‌باشد. در حالی که غلظت HDL در این پرندگان بیشتر از شاهد بود (Banikamal et al., 2015). مطابق با نتایج این آزمایش، بیان کردند که کلسترول کل و LDL با مکمل کردن جیره با امولسیفایر (گلیسرول پلی‌اتیلن گلیکول ریسینولات) کاهش یافت و همچنین HDL و TAC تحت تأثیر جیره با امولسیفایر افزایش معنی‌دار پیدا کرد. مکانیسم این عمل ممکن است بدین ترتیب باشد که شیلومیکرون‌ها با سرعت بیشتری از خون پاک شده و یا با سرعت کمتری در خون ترشح می‌شوند (Zhao and Kim, 2017). مطابق با نتایج این پژوهش، گزارش کردند که افزودن ال-کارنیتین در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره جوجه‌های گوشتی باعث کاهش معنی‌دار تری‌گلیسیرید و کلسترول سرم خون شد (Shirali et al., 2016). همچنین، در مطالعه‌ای بر روی جوجه‌های گوشتی نشان داده شد که استفاده از ال-کارنیتین (۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) سبب کاهش مقدار تری‌گلیسیرید و LDL سرم خون می‌شود (Zhang et al., 2010). کاهش مقدار تری‌گلیسیرید خون پرندگان تغذیه شده با مکمل ال-کارنیتین می‌تواند به دلیل افزایش کاتابولیسم اسیدهای چرب باشد. با افزایش ظرفیت انتقال اسیدهای چرب به غشای داخلی میتوکندری، سطح

جدول ۵- اثر لیپیدول و ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی بر فراسنج‌های بیوشیمیایی سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی
Table 5- Effect of lipidol and L-carnitine in low energy diets on blood biochemistry parameters of broiler chicken at 42 day

پارامترها Parameters	شاهد Control	جیره کم انرژی Low energy diet	جیره کم انرژی + L-carnitine	جیره کم انرژی + لیپیدول Low energy diet lipidol +	جیره کم انرژی - لیپیدول Low energy diet L- + low energy diet carnitine+lipidol	میانگین خطای استاندارد SEM	احتمال P-value	مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control
ظرفیت آنتی اکسیدانی تام (میلی مول در لیتر) Total antioxidant capacity (mmol/L)	1.77 ^b	1.78 ^b	2.02 ^a	2.01 ^a	2.11 ^a	0.05	0.0005	0.002
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر) Tri glyceride (mg/dl)	51.6	49.3	45.2	50.6	44.2	1.92	0.054	0.06
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	163.4 ^a	156.1 ^a	131.4 ^b	149.1 ^a	129.7 ^b	3.85	<0.0001	0.0001
کلسترول LDL- (میلیگرم در دسی لیتر) LDL- cholesterol (mg/dl)	92.5 ^a	87.2 ^a	62.3 ^b	75.6 ^{ab}	58.1 ^b	4.71	0.0003	0.0009
کلسترول HDL- (میلیگرم در دسی لیتر) HDL- cholesterol (mg/dl)	51.8 ^{ab}	50.7 ^b	52.4 ^{ab}	54.8 ^{ab}	55.2 ^a	0.96	0.019	0.19

^{a,b,c} میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).
^{a,b,c} Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05).

جدول ۶ - اثر لیبیدول و ال-کارنیتین در چیره‌های کم انرژی بر اکسیداسیون چربی (میلی‌گرم غلظت مالون دی‌آلدید بر کیلوگرم گوشت) گوشت سینه و ران جوجه‌های گوشتی
Table 6- Effect of lipidol and L-carnitine in low energy diets on lipid oxidation (mg malondialdehyde (MDA) concentrations /kg meat) breast and thigh meats of broiler chickens

پارامترها Parameters	شاهد Control	چیره کم انرژی Low energy diet		چیره کم انرژی + ال-کارنیتین Low energy diet + L-carnitine		چیره کم انرژی + لیبیدول Low energy diet + lipidol		چیره کم انرژی + ال-کارنیتین + لیبیدول Low energy diet + L-carnitine+lipidol		احتمال P-value	میانگین خطای استاندارد SEM	مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control
		چیره کم انرژی Low energy diet	چیره کم انرژی + ال-کارنیتین Low energy diet + L-carnitine	چیره کم انرژی + لیبیدول Low energy diet + lipidol	چیره کم انرژی + ال-کارنیتین + لیبیدول Low energy diet + L-carnitine+lipidol							
ران (میلی‌گرم مالون دی‌آلدید بر کیلوگرم گوشت) Thigh (mg MDA /kg meat)												
سه روز Three day	3.71 ^a	3.73 ^a	3.34 ^b	3.29 ^b	3.25 ^b	<0.0001	0.057	0.0003				
شش روز Six day	6.41 ^a	6.38 ^a	6.12 ^{ab}	5.97 ^b	5.92 ^b	0.003	0.09	0.008				
نه روز Nine day	8.13 ^a	8.15 ^a	7.65 ^b	7.54 ^b	7.37 ^b	<0.0001	0.09	0.0004				
سینه (میلی‌گرم مالون دی‌آلدید بر کیلوگرم گوشت) Breast (mg MDA /kg meat)												
سه روز Three day	2.68 ^a	2.68 ^a	2.35 ^b	2.38 ^b	2.24 ^b	<0.0001	0.037	<0.0001				
شش روز Six day	5.37 ^a	5.34 ^a	5.13 ^{ab}	4.85 ^c	4.92 ^{bc}	<0.0001	0.059	0.0003				
نه روز Nine day	7.55 ^a	7.54 ^a	7.24 ^b	7.18 ^b	7.02 ^b	<0.0001	0.062	<0.0001				

میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).
 a,b,c Means within same row with different superscripts differ (P < 0.05).

کرد که اثرات محافظتی و آنتی‌اکسیدانی ال- کارنیتین احتمالاً از طریق پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بدن ایجاد می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مشاهدات پژوهش حاضر، می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده هم‌زمان از مکمل‌های یک گرم در کیلوگرم لیپیدول و ۱۰۰ ppm ال-کارنیتین در جیره‌های کم انرژی (۱۵۰ کیلوکالری کمتر از جیره شاهد) جوجه‌های گوشتی، توانست اثرات منفی جیره‌های کم انرژی بر عملکرد رشد را رفع کند. علاوه بر این توانست قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های چربی خون و ماندگاری گوشت را نیز نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد بهبود بخشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی طرح کمال سپاس را دارند.

همچنین مطالعه‌ای که بر روی موش انجام شد، نشان داد که لسیتین سویا باعث کاهش غلظت MDA در خون می‌شود. به‌طور مشابه بیان شده است که لسیتین سویا دارای خواص آنتی‌اکسیدانی است و باعث کاهش آسیب‌های کبدی می‌شود (Attia, and Kamel, 2012). ترکیبات آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی مانند ال-کارنیتین می‌توانند باعث خنثی شدن اثرات سمی گونه‌های فعال اکسیژن شوند (Akturk et al., 2005). در مطالعه حاضر نشان داده شد که ال-کارنیتین و لیپیدول باعث کاهش معنی‌داری در سطح غلظت MDA گوشت ران و سینه نسبت به گروه شاهد شده است. عملکرد آنتی‌اکسیدانی ال-کارنیتین در خنثی کردن اثرات اکسیداتیو، بیشتر از همه به توانایی این ترکیب در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد مربوط می‌شود. نشان داده است که ال-کارنیتین دارای توانایی در پاک‌سازی رادیکال‌های سوپراکسید می‌باشد. ال-کارنیتین همچنین باعث تنظیم فعالیت آنزیم‌هایی که علیه آسیب اکسیداتیو عمل می‌کنند، شده و باعث حفاظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز از آسیب‌های پراکسیداتیو می‌شود (Uchendu et al., 2012). در نهایت، می‌توان نتیجه‌گیری

References

1. Abedpour, A., Jalali, S. M. A., & Kheiri, F. (2017). Effect of vegetable oil source and l-carnitine supplements on growth performance, carcass characteristics and blood biochemical parameters of Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(1), 147-153.
2. Akturk, D., Demirin, H., Sutcu, R., Yilmaz, N., Koylu, H., & Altuntas, I. (2005). The effect of diazinon on lipid peroxidation and ameliorating role of vitamin E and C. *Cell Biotoxol*, 22(6), 455-461. DOI: 10.1007/s10565-006-0138-5.
3. Attia, Y. A., & Kamel, K. I. (2012). Semen quality, testosterone, seminal plasma biochemical and antioxidant profiles of rabbit bucks fed diets supplemented with different concentrations of soybean lecithin. *Animal*, 6(5), 824-833. DOI: 10.1017/S1751731111002229.
4. Babazadeh Aghdam, A., Ghazi Harsini, S., & Daneshyar, M. (2015). The effect of different levels of L-carnitine on performance, blood parameters and carcass characteristics of broiler chickens fed with high fat diets under heat stress condition. *Journal of Veterinary Research*, 70(3), 341-348. (In Persian).
5. Banikamal, H. S., Zhandi, M., Shakeri, M., & Moravej, H. (2015). Effects of different levels of soybean lecithin on performance and blood lipids of broiler chicks. *Journal of Animal Production*, 17(1), 29-37. DOI: 10.22059/jap.2015.54017. (In Persian).
6. Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76. DOI: 10.1006/abio.1996.0292.
7. Boontiam, W., Jung, B. & Kim, Y. Y. (2017). Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry science*, 96(3), 593-601. DOI: 10.3382/ps/pew269.
8. Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J., & Trakatellis, A. G. (1994). Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1931-1937. DOI: 10.1021/jf00045a019.ref38
9. Cho, J. H., Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2012). Effects of emulsifier and multi-enzyme in different energy density diet on growth performance, blood profiles, and relative organ weight in broiler chickens. *Journal of Agricultural*

- Science*, 4(10), 161–168. DOI:10.5539/jas.v4n10p161.
10. Gan, F., Chen, X., Liao, S. F., Lv, C., Ren, F., Ye, G., Pan, C., Huang, D., Shi, J., Shi, X., Augustiniak, A., & Skrzydlewska, E. (2009). L-carnitine in the lipid and protein protection against ethanol-induced oxidative stress. *Alcohol*, 43(3), 217-223. DOI: 10.1016/j.alcohol.2008.12.005.
 11. Ge, X. K., Wang, A. A., Ying, Z. X., Zhang, L. G., Su, W. P., Cheng, K., Feng, C. C., Zhou, Y. M., Zhang, L. L., & Wang, T. (2019). Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry science*, 98(2), 887-895. DOI: 10.3382/ps/pey434.
 12. Gu, X., & Li, D. (2003). Fat nutrition and metabolism in piglets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 109(1), 151-170. DOI: 10.1016/S0377-8401(03)00171-8.
 13. Hertrampf, J. (2001). Features-lecithin improves poultry performance-a performance enhancer derived from soya improves growth in broilers and turkeys and egg production in layers. *Poultry International*, 40, 26-29.
 14. Hosseintabar Ghasemabad, B., Baghban Kanani, P., Azimi Youvalari, S., & Bouyeh, M. (2017). Effects of different levels of L-carnitine and additional levels of Lysine-Methionine mixed on performance, cecal microflora and blood antioxidant indices of broiler chick. *Livestock Research*, 6(1-2), 49-63. DOI: 10.22077/jlr.2017.879. (In Persian).
 15. Jansen, M., Nuyens, F., Buyes, J., Leleu, S., & Van Campenhout, L. (2015). Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. *Poultry Science Journal*, 94(10), 2506-2515. DOI: 10.3382/ps/pev181.
 16. National Research Council. (1994). Nutrient requirements of poultry. 9 th Rev. Ed. NAS-NRC, Washington, DC.
 17. Papadopoulos, G., Poutahidis, T., Chalvatzi, S., Di Benedetto, M., Hardas, A., Tsiouris, V., Georgopoulou, I., Arsenos, G., & Fortomaris, P. D. (2018). Effects of lysolecithin supplementation in low-energy diets on growth performance, nutrient digestibility, viscosity and intestinal morphology of broilers. *British Poultry Science*, 59, 232-239. DOI:10.1080/00071668.2018.1423676.
 18. Pashae Jalal, M., Sharifi, S. D., & Honarbakhsh, S. (2021). The effect of using of emulsifier in diets with different energy levels on performance and some of blood traits of broiler chickens. *Animal production*, 24(2), 151-163. DOI: 10.22059/jap.2022.340513.623681. (In Persian).
 19. Parsaeimehr, K., Farhoomand, P., Afrouziyeh, M., Najafi, R., & Ahmadi Naghdehi, A. A. (2013). Effects of L-carnitine with different dietary fat sources on performance and some blood metabolites of broiler chickens. *Animal production research*, 1(4), 27-34. (In Persian)
 20. Rebouche, C. J. (1992). Carnitine functions and requirements during the life cycle. *Faseb Journal*, 6(15), 3379-3386. DOI: 10.1096/fasebj.6.15.1464372.
 21. Rejabzadeh, M., Rezaei, M., & Ansari Pirsarae, Z. (2013). Effect of l-carnitine supplementation to finisher diets with different sources of fat on the performance, carcass characteristics and body composition in broiler chickens. *Animal Science and Research Journal*, 92(2), 51-68. (In Persian)
 22. Roy, A., Haldar, S., Mondal, S. & Ghosh, T. P. (2010). Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary Medicine International*, Article ID 262604, 9 pages. DOI: 10.4061/2010/262604.
 23. Saleh, A. A., Amber, K. A., Mousa, M. M., Nada, A. L., Awad, W., Dawood, M. A. O., El-Moneim, A., Ebeid, T. A., & Abdel-Daim, M. M. (2020). A mixture of exogenous emulsifiers increased the acceptance of broilers to low energy diets: Growth performance, blood chemistry, and fatty acids traits. *Animals (Basel)*, 10(3), 437. DOI: 10.3390/ani10030437.
 24. SAS. (2005). SAS User's guide Statistics. Version 8. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
 25. Shirali, M. A., Salari, S., Tabatabayi Vakili, S., Sari, M., & Jahanian, R. (2016). Effect of vitamin E and L-carnitine on growth performance, blood parameters and immune response of broiler chickens under heat stress. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 29(110), 115-128. DOI: 10.22092/asj.2016.106525. (In Persian).
 26. Schneitz, C., Kiiskinen, T., Toivonen, V., & Nasi, M. (1998). Effect of BROILACT on the physicochemical conditions and nutrient digestibility in the gastrointestinal tract of broilers. *Poultry Science*, 77(3), 426-432. DOI: 10.1093/ps/77.3.426.
 27. Siyal, F. A., El-Hack, M. E. A., Alagawany, M., Wang, C., Wan, X., He, J., Wang, M., Zhang, L., Zhong, X., Wang, T., & Kuldeep, D. (2017). Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens. *International Journal of Pharmacology*, 13(4), 396-402.

DOI:10.3923/ijp.2017.396.402.

28. Sugawara, T., Kushiro, M., Zhang, H., Nara, E., Ono, H., & Nagao, A. (2001). Lysophosphatidylcholine enhances carotenoid uptake from mixed micelles by Caco-2 human intestinal cells. *Journal of Nutrition*, 131(11), 2921-2927. DOI: 10.1093/jn/131.11.2921.
29. Uchendu, C. H., Ambali, S. F., & Ayo, J. O. (2012). The organophosphate, chlorpyrifos, oxidative stress and the role of some antioxidants: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 7(18), 2720-2728. DOI: 10.5897/AJAR11.2510 .
30. Wang, J. P., Zhang, Z. F., Yan, L., & Kim, I. H. (2016). Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acids profile of broiler chickens. *Animal Science Journal*, 87(2), 250–256. DOI: 10.1111/asj.12412.
31. Zampiga, M., Meluzzi, A., & Sirri, F. (2016). Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 15(3), 521-528. DOI: 10.1080/1828051X.2016.1192965.
32. Zhang, Y., Ma, Q., Bai, X., Zhao, L., Wang, Q., Ji, C., Liu, L., & Yin, H. (2010). Effects of dietary acetyl-L-carnitine on meat quality and lipid metabolism in arbor acres broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(12), 1639-1644. DOI: 10.5713/ajas.2010.10168.
33. Zhao, P., Li, H., Hossain, M., & Kim, I. (2015). Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 190-195. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2015.06.007.
34. Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry science*, 96(5), 1341-1347. DOI:10.3382/ps/pew469.



Effect of Different Levels of Pellet Binder and Poultry by-Product Meal on Performance, Carcass Quality and Serum Parameters of Broiler Chicken

Hasan Reza Choopani¹, Mohsen Mojtahedi^{2*}, Seyyed Javad Hosseini-Vashan³, Seyyed Ehsan Ghiasi²

Received: 29-10-2021

Revised: 09-04-2022

Accepted: 27-04-2022

Available Online: 27-04-2022

How to cite this article:

Choopani, H.R., Mojtahedi, M., Hosseini Vashan, S.J., & Ghiasi, S.E. (2023). Effect of different levels of pellet binder and poultry by-product meal on performance, carcass quality and serum parameters of broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 549-563.
DOI: [10.22067/ijasr.2022.73321.1048](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.73321.1048)

Introduction The increase in the cost of the diet, especially the protein part, has caused the desire of producer and researchers to use by-products. The use of animal waste not only reduces the cost of feed but also reduces the entry of contaminants into the environment. Hydrolyzed feathers, meat meal, bone meal, poultry by-product meal (PBM) and fish oil are some of the by-products used in poultry, dairy cattle and other livestock diet. Also, the use of pelleted feed in broiler chicken is increasing, because it produces less dust, improves digestibility, reduces transportation costs, and improves performance indicators such as feed consumption and decrease feed conversion ratio. Sodium bentonite (SB) is one of the substances that has been used as pellet binder in feed. Several studies have evaluated the effects of the addition of SB and had beneficial results on pelleting physical properties such as pellet durability index (PDI) and pellet hardness. Addition of active SB as a pellet binder in wheat-soybean meal-based diets has increased the relative electrical energy usage (REEU) and decreased the feed conversion ratio. However, studies on the use of different levels of PBM and SB as a pellet binder in broiler chicken diets are very limited, the aim of the present study was to investigate the effects of pellet binder levels of SB in diets containing different amounts of PBM on performance, carcass traits and blood metabolites of Ross 308 broiler chickens in finisher period.

Materials and Methods Treatments were assigned in a completely randomized design based on a factorial arrangement of 3 levels of SB conditioning time (0, 1.5 and 3%) × 3 levels of PBM (0, 5 and 10%). Experimental diets were balanced based on Ross 308 recommendations for finisher period (24-42 d) by using UFFDA software. In the present experiment PBM and pellet binder of SB samples were prepared from MegaFaravar Co., Iran. Ingredients of diets were ground through a 2-mm screen size in a hammer mill. All diets mixed in a double-shaft mixer and transferred to super conditioner with 82°C for 10s, and then pelleted through a 3-mm die. After pelleting of feed produced, 3 replications of each treatment with 3-minute intervals were sampled from the cooler part of the pellet machine. The PDI, hardness test and REEU related to experimental diets was measured. Also, a total of 360 24-day-old male chicks were individually weighted and allocated to 9 treatments of 4 replicates (10 birds in each replication). Feed intake (FI), average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were recorded. On 42 day, 2 birds per pen were randomly euthanized by cervical dislocation. Carcass characteristics and relative weight of small intestinal segments were measured. Total protein, glucose, albumin, lipoproteins (HDL, LDL) were determined by using autoanalyzer device and commercial kits.

Results and Discussion Addition of 1.5% SB improved and the use of PBM due to its high fat content reduced the quality characteristics of the pellet that due to their strong colloidal properties and giving rise to a thixotropic gelatinous substance. Likewise, different levels of SB as a pellet binder and PBM did not change the ADG and FCR ($P < 0.05$). However, the use of different levels of PBM with and without SB reduced FI

1- M.Sc. of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

*Corresponding Author Email: mojtahedi@birjand.ac.ir

($P < 0.05$). Also, the relative weight of carcass, breast and thigh was not affected by experimental treatments ($P < 0.05$). Abdominal fat increased significantly in the groups receiving PBM ($P < 0.05$). Amino acid imbalances in PBM probably increase deamination and conversion of amino acids to fat. Significant reduction in duodenum and ileum length was observed in the group containing 3% SB and 10% PBM ($P < 0.05$). Also, the level of 10% PBM with and without SB increased the concentration of blood lipids. Blood lipids concentration have a positive correlation with weight and feed as an environmental factor affects its amount.

Conclusion In general, the results of this experiment showed that application of PBM as a source of protein with adequate nutritional value up to 5% without negative effects on performance for use in pelleted diet of broilers at high levels when soybean meal is expensive and or not available, it is possible and useable. Also, commercial sodium bentonite can be used as a pellet binder to increase the quality of pellets up to 1.5%. The need for further studies on the simultaneous use of sodium bentonite as a pellet binder and PBM are recommended to ensure the results obtained in other broiler chicken breeding periods.

Keywords: By-products, Cholesterol, Ileum, Intestinal morphology, Sodium bentonite

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۶۳-۵۴۹

تأثیر سطوح مختلف پلت چسبان و ضایعات کشتارگاهی طیور بر عملکرد، کیفیت لاشه و فراسنجه‌های سرمی جوجه‌های گوشتی

حسن رضا چوپانی^۱، محسن مجتهدی^{۲*}، سید جواد حسینی واشان^۳، سید احسان غیائی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

چکیده

اثرات سطوح مختلف پلت چسبان بر پایه بنتونیت و پودر ضایعات کشتارگاهی طیور در جیره پایانی جوجه گوشتی نژاد راس ۳۰۸ مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به روش فاکتوریل ۳×۳ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳۶۰ جوجه خروس در نه تیمار و چهار تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل سه سطح پلت چسبان (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) و سه سطح پودر ضایعات کشتارگاهی طیور (صفر، ۵ و ۱۰ درصد) از ۲۵ تا ۴۲ روزگی بود. استفاده از سطوح مختلف پلت چسبان و ضایعات کشتارگاهی تغییری در افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک ایجاد نکرد ($P > 0.05$)، با این حال استفاده از سطوح مختلف ضایعات کشتارگاهی با و بدون پلت چسبان سبب کاهش مصرف خوراک شد ($P < 0.05$). همچنین وزن نسبی لاشه، سینه و ران تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). چربی حفره شکمی در گروه‌های دریافت‌کننده ضایعات کشتارگاهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). کاهش معنی‌دار طول دئودنوم و ایلئوم در گروه حاوی سه درصد پلت چسبان و ۱۰ درصد پودر ضایعات کشتارگاهی مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین سطح ۱۰ درصد پودر ضایعات کشتارگاهی با و بدون پلت چسبان سبب افزایش غلظت لیپیدهای خون از قبیل کلسترول و تری‌گلیسرید شد ($P < 0.05$). به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که افزودن پنج درصد پودر ضایعات کشتارگاهی طیور همراه با ۱/۵ درصد پلت چسبان بر پایه بنتونیت موجب بهبود صفات عملکردی، مورفولوژی روده و برخی فراسنجه‌های سرمی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایلئوم، بنتونیت سدیم، کلسترول، محصولات فرعی، مورفولوژی روده

مقدمه

محصولاتی گفته می‌شود که به‌عنوان ورودی در غذای طیور، حیوانات اهلی از قبیل گاو، خوک و سگ استفاده می‌شود (Mekonnen et al., 2016). استفاده از ضایعات حیوانی نه تنها هزینه تمام شده خوراک را کاهش می‌دهد، بلکه سبب کاهش ورود آلودگی‌ها به محیط زیست نیز می‌شود. تاکنون محصولات از قبیل پودر گوشت، پودر استخوان، پودر پر هیدرولیز شده، ضایعات کشتارگاهی طیور پودر ماهی و روغن ماهی در خوراک دام مورد استفاده قرار گرفته است (Meeker and Meisinger, 2015).

پودر ضایعات کشتارگاهی طیور (Poultry by-product meal; PBM) به‌دلیل دارا بودن پروتئین قابل توجه و مقادیر مناسب چربی، می‌تواند نقش مؤثری در تأمین پروتئین و انرژی خوراک طیور ایفا نماید. کیفیت مواد اولیه و نیز شرایط فرآوری از جمله دما و فشار از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ترکیب مواد مغذی و قابلیت هضم این

ندرینگ (Rendering) به مجموعه‌ای از عملیات، امکانات و ماشین‌آلات اطلاق می‌شود که می‌تواند محصولات جانبی حیوانات (شامل گوشت، استخوان، خون، سم، پر و سایر بافت‌ها) را از نظر فیزیکوشیمیایی به فرآورده‌های متراکم با ارزش غذایی بالا تبدیل کند (Meeker and Meisinger, 2015). خوراک‌های فرعی حیوانی (animal by-product meals) یا ضایعات با منشأ حیوانی اغلب به

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: mojtahedi@birjand.ac.ir)

(REEU) و کاهش ضریب تبدیل ماده غذایی شده است (Attar et al., 2018; Abbasi Pour et al., 2021). با این حال، مطالعات در زمینه استفاده از سطوح مختلف PBM و پلت‌چسبان بنتونیت سدیم در جیره جوجه‌های گوشتی بسیار محدود است و هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثرات سطوح پلت‌چسبان در جیره‌های حاوی مقادیر مختلف ضایعات کشتارگاهی طیور بر عملکرد، اجزای لاشه و متابولیت‌های خونی جوجه‌های گوشتی نژاد راس ۳۰۸ بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه و طرح آزمایشی

آزمایش حاضر در قالب طرح فاکتوریل ۳×۳ بر پایه طرح کامل تصادفی با سه سطح ضایعات کشتارگاهی طیور (صفر، ۵ و ۱۰ درصد) و سه سطح پلت‌چسبان بنتونیت سدیم (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) انجام شد. در آزمایش حاضر، پودر ضایعات کشتارگاهی از کشتارگاه شرکت قاین طیور و نمونه‌ی نمونه‌ی‌های پلت‌چسبان از شرکت دانش‌بنیان مگافراور تهیه‌ی شد. جیره‌ها بر پایه ذرت و سویا بر اساس دستورالعمل پرورش سویه تجاری راس و با استفاده از نرم‌افزار UFFDA متعادل گردید (جدول ۱). اجزای جیره پس از آسیاب و عبور از الک با اندازه دو میلی‌متر با استفاده از مخلوط‌کن به دستگاه سوپر کاندیشنر منتقل و به مدت ۱۰ ثانیه در دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از تولید خوراک‌های پلت تولید شده (در کارخانه خوراک دام و طیور) از هر تیمار سه تکرار با فواصل زمانی سه دقیقه‌ای از قسمت کولر دستگاه نمونه‌ی گرفته شد. در ادامه شاخص پایداری پلت (PDI) بر اساس روش عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2013) و با استفاده از دستگاه MEGA pellet tester-MPT110 (ساخت ایران) انجام شد. آزمون سختی با استفاده از روش ذکر شده توسط ویهاس و همکاران (vihas et al., 2004) همچنین در فرآیند تولید پلت مصرف نسبی انرژی الکتریکی با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Payne et al., 1994).

معادله (۱)

$$REEU (\text{kWh/ton}) = (A \times V \times \sqrt{3} \times PF) / 1000$$

که در آن، A: آمپر موتور دستگاه پلت، V: ولتاژ و PF: ضریب توان ۰/۹۳ است.

منبع به شمار می‌روند. (Hicks and Verbeek, 2016). مطالعات بسیاری اثرات سودمند استفاده از PBM در جیره طیور گوشتی را نشان می‌دهد (Çenesiz et al., Cordova-Noboa et al., 2018; park et al., 2020). افزایش وزن نهایی و مصرف خوراک و همچنین بهبود ضریب تبدیل در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده PBM در مقایسه با پودر ماهی گزارش شده است (frempong et al., 2019).

همچنین جایگزینی سویا با PBM تغییری در عملکرد جوجه‌های گوشتی در طول دوره پرورش ایجاد نکرده است (frempong et al., 2019). از نظر ارزش غذایی PBM در مقایسه با پودر گوشت و استخوان، ۳۵ درصد پروتئین بیشتر و ۳۹ درصد چربی کمتری دارد که آن را به افزودنی ارزشمند در تغذیه طیور تبدیل می‌کند (Leiva et al., 2018).

یکی از روش‌های رایج عمل‌آوری خوراک دام و طیور پلت نمودن آن است. استفاده از خوراک پلت شده در جیره جوجه‌های گوشتی به دلیل گرد و غبار کمتر، بهبود قابلیت هضم، کاهش هزینه حمل و نقل و نیز بهبود شاخص‌های عملکردی از قبیل مصرف خوراک و ضریب تبدیل رو به افزایش است (Loar and Corzo, 2011). در این زمینه، استفاده از خوراک پلت شده در مقایسه با خوراک آردی سبب افزایش وزن نهایی پرند و نیز بهبود ضریب تبدیل خوراک شده است (Toroghian and Vakili, 2015). با این حال، نتایج مطالعات مختلف نشان‌دهنده اثرگذاری حرارت، رطوبت اولیه، نوع پروتئین جیره، نوع چربی و نوع پلت‌چسبان مورد استفاده جهت عمل‌آوری بر کیفیت فیزیکی پلت است (Netto et al., 2019; Saleh et al., 2021).

استفاده از پلت‌چسبان یکی از راهکارهای بهبود کیفیت فیزیکی خوراک‌ها پلت شده به شمار می‌رود. طبق گزارش‌ها استفاده از کلسیم بر پایه لیگنوسولفونات و بنتونیت سدیم به‌عنوان پلت‌چسبان سبب بهبود شاخص پایداری پلت و کاهش تولید خاکه خوراک‌های پلت شده می‌شود (Attar et al., 2019; Saleh et al., 2021). به‌علاوه اثرات مثبت استفاده از پلت‌چسبان بنتونیت سدیم در جیره طیور گوشتی گزارش شده است (Abbasi Pour et Attar et al., 2018; al., 2021). افزودن ۱۵ گرم پلت‌چسبان بنتونیت سدیم فعال در کیلوگرم در جیره‌های حاوی بر پایه گندم - سویا سبب افزایش شاخص پایداری پلت (PDI)، افزایش مصرف نسبی انرژی الکتریکی

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

Table 1- Ingredients and chemical composition of experimental diets (% of dry matter)

اجزای جیره Diet ingredients	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
دانه ذرت Corn	60.75	61.49	64.06	61.42	60.24	60.97	60.99	60.95	59.94
کنجاله سویا Soybean meal	27.35	20.95	14.70	28.19	21.66	15.28	28.96	22.51	15.98
سبوس گندم Wheat bran	5.15	6.58	6.52	2.22	5.11	6.51	0.00	2.14	5.07
روغن سویا Soybean oil	3.00	2.50	1.50	3.00	3.00	2.54	3.28	3.00	3.00
ضایعات کشتارگاهی طیور ^۱ PBM ¹	0.00	5.00	10.00	0.00	5.00	10.00	0.00	5.00	10.00
بتونیت Bentonite	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	3.00	3.00	3.00
دی‌کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.44	1.31	1.19	1.49	1.34	1.20	1.53	1.39	1.24
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.08	0.92	0.76	1.05	0.91	0.75	1.03	0.88	0.73
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
نمک طعام Salt	0.25	0.21	0.16	0.18	0.21	0.16	0.26	0.21	0.16
ال-لیزین L-Lysin	0.28	0.33	0.38	0.26	0.32	0.37	0.26	0.21	0.16
دی‌ال-متیونین D-L-methionine	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
ال-ترئونین L-threonine	0.12	0.13	0.15	0.11	0.13	0.15	0.11	0.13	0.14
مکمل ویتامینه- معدنی ^۲ Vitamin-mineral supplement ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ترکیبات محاسبه شده Calculated compositions									
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolism energy (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
پروتئین خام Crude protein	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
لیزین Lysine	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
متیونین + سیستین Methionine + cystine	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
کلسیم Calcium	0.77	0.75	0.73	0.77	0.75	0.73	0.77	0.75	0.73
فسفر Phosphor	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17
فیبر خام Crude fiber	3.58	3.41	3.14	3.35	3.29	3.13	3.18	3.07	3.00

^۱ پودر ضایعات کشتارگاهی حاوی ۵۲/۲۴ درصد پروتئین، ۲۱/۷۳ درصد چربی خام، ۸/۰۸ درصد خاکستر خام و ۳۸۵۵/۷۱ کیلوکالری بر کیلوگرم ماده خشک بود.

^۲ مکمل ویتامینه- معدنی در هر کیلوگرم جیره حاوی: ۱۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۸۵ میلی‌گرم روی، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۱۰ میلی‌گرم مس، ۰/۱ گرم کبالت، ۰/۲ گرم سلنیوم، یک میلی‌گرم ید، یک میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱/۸ میلی‌گرم ویتامین B1، ۶/۶ میلی‌گرم ویتامین B2، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین B3، ۰/۱ میلی‌گرم ویتامین B4، ۳۰ میلی‌گرم ویتامین B5، ۷۵ میلی‌گرم B9، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم ویتامین B12، ۳۶ واحد بین‌المللی ویتامین E.

¹ PBM contained 52.24% protein, 21.73% crude fat, 8.08% crude ash and 3855.71 kcal/kg dry matter.

² Vitamin-mineral supplement containing: manganese, 100 mg; zinc, 85 mg; iron, 50 mg; copper, 10 mg; cobalt, 0.1 g; selenium, 0.2 g; iodine, 1 mg; antioxidants, 1 mg; vitamin A, 9000 IU; vitamin B1, 1.8 mg; vitamin B2, 6.6 mg; vitamin B3, 10 mg; vitamin B4, 0.1 mg; vitamin B5, 30 mg; Vitamin B9, 75 mg; vitamin B12, 0.015 mg; vitamin E, 36 IU per kg diet.

(REEU) در جیره‌های حاوی ۱/۵ و ۳ درصد پلت چسبان بنتونیت سدیم مشاهده شد. این اثرات متقابل PBM و پلت چسبان بر REEU معنی‌دار نبود.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که افزودن ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم سبب بهبود کیفیت فیزیکی پلت می‌شود. گزارش‌های قبلی نیز اثرات مثبت استفاده از بنتونیت سدیم به‌عنوان پلت چسبان را بر کیفیت فیزیکی خوراک‌های پلت شده بر پایه گندم و ذرت نشان می‌دهد (Abdollahi et al., 2013; attar et al., 2017; Abbasi Pour et al., 2021)

در توافق با نتایج آزمایش حاضر در مطالعه عباسی‌پور و همکاران (Abbasi Pour et al., 2021) استفاده از ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم فعال در جیره‌های پلت شده افزایش سختی پلت (۴ در مقابل ۶/۸ کیلوگرم) را به همراه داشته است. همچنین کاهش REEU در جیره‌های حاوی ۰/۷۵ درصد بنتونیت در مقایسه با سطح صفر این پلت چسبان گزارش شده است (Abbasi Pour et al., 2021). مشابه نتایج فعلی، عطار و همکاران (Attar et al., 2018; Attar et al., 2019) با افزودن ۱۵ گرم بنتونیت سدیم فرآوری شده در کیلوگرم جیره بهبود PDI و سختی خوراک پلت شده را مشاهده کردند. خاصیت کلئیدی قوی بنتونیت‌ها و ظرفیت بالای نگهداری آب در آن‌ها سبب شده این ماده معدنی به‌عنوان پلت چسبان مورد استفاده قرار گیرد؛ زیرا سبب تورم و افزایش حجم چندین برابری در این محصول می‌شود و تولید ماده‌ای ژلاتینی تیکسوتروپیک می‌نماید (Pasha et al., 2008). همچنین عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2013) عنوان کردند که افزودن چربی و روغن به جیره‌های پلت شده به دلیل کاهش نیروی اصطکاک در منافذ دای سبب کاهش کیفیت پلت می‌شود، که احتمالاً کاهش شاخص پایداری و سختی پلت در سطح ۱۰ درصد PBM ناشی از مقدار بالای چربی در این محصول است.

نتایج مربوط به اثرات سطوح مختلف پلت چسبان و پودر ضایعات کشتارگاهی بر افزایش وزن روزانه، مصرف و ضریب تبدیل خوراک در جدول ۳ ارائه شده است. استفاده از پلت چسبان (سطوح صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) تغییری در افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی ایجاد نکرد ($P > 0.05$). با این حال، افزودن ۱۰ درصد پودر ضایعات کشتارگاهی سبب کاهش معنی‌دار مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه فاقد این محصول گردید. در این مطالعه، اثر متقابل بین پلت چسبان و پودر ضایعات کشتارگاهی طیور بر مصرف خوراک معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که بیشترین مصرف خوراک در گروه فاقد پلت چسبان و ضایعات کشتارگاهی (۱۸۱/۶۴ گرم در روز) مشاهده شد.

در ادامه، تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یک‌روزه (سویه راس ۳۰۸) با میانگین وزن ۳۷ گرم به یکی از نه تیمار آزمایشی با چهار تکرار (۱۰ قطعه در هر قفس) اختصاص داده شد. جوجه‌ها در ۲۴ روزگی با میانگین وزن مشابه پس از توزین به‌صورت تصادفی در قفس‌ها توزیع شدند. جیره پایانی با پودر ضایعات کشتارگاهی طیور (صفر، ۵ و ۱۰ درصد) و پلت چسبان (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) مخلوط شد. در این آزمایش، صفات عملکردی از قبیل افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در روز پایانی آزمایش دو پرنده از هر واحد آزمایشی (قفس) به‌طور تصادفی انتخاب و پس از ثبت وزن زنده کشتار شدند. پس از پرکنی و تخلیه محتویات بطنی وزن لاشه بدون پوست، سینه، ران، بال و پشت و گردن و پیش‌مده توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ ثبت شد. وزن نسبی اندام‌ها بر حسب درصد وزن زنده مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌نیمونه‌های خون نیز در حین کشتار از وداج گردن اخذ گردید. در ادامه با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Geasan chem 200, Italy) و با استفاده از کیت‌های اختصاصی (پارس آزمون) متابولیت‌های خونی از قبیل پروتئین تام، گلوکز، آلبومین و انواع لیپوپروتئین‌ها تعیین شد.

داده‌های حاصل از این آزمایش به‌منظور ثبت و دسته‌بندی وارد نرم‌افزار EXCEL شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و با استفاده از رویه خطی عمومی (GLM) انجام شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی-کرامر (معادله ۲) در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت.

معادله (۲)
$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$
 که در آن، Y_{ijk} : مقدار صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، A_i : اثر سطح i پودر ضایعات کشتارگاهی طیور، B_j : اثر سطح j پلت چسبان، $(AB)_{ij}$: اثر متقابل پودر ضایعات کشتارگاهی طیور و پلت چسبان و e_{ijk} : اثر خطا آزمایش است.

نتایج و بحث

طبق یافته‌های جدول ۲ شاخص پایداری پلت (PDI)، تحت تأثیر افزودن سطوح مختلف پودر ضایعات کشتارگاهی طیور و پلت چسبان قرار گرفت ($P < 0.05$). به‌طوری‌که استفاده از بنتونیت سدیم (سطوح ۱/۵ و ۳ درصد) سبب افزایش این شاخص گردید. همچنین مشخص شد که استفاده از پودر ضایعات کشتارگاهی در خوراک پلت شده سبب کاهش PDI می‌شود و یک رابطه معکوس بین شاخص مذکور و مقدار PBM به چشم می‌خورد. همچنین افزودن سطوح سه درصد بنتونیت سدیم و ۱۰ درصد ضایعات کشتارگاهی کاهش سختی پلت را به همراه داشت. به‌علاوه کاهش نسبی مصرف جریان الکتریکی

جدول ۲- اثر افزودن بنتونیت سدیم و ضایعات کشتارگاهی طیور بر ویژگی‌های خوراک پلت شده

Table 2- Effect of addition sodium bentonite and PBM on the characteristics of pelleted feed

		سطح Level	شاخص پایداری پلت (درصد) PDI (%)	سختی پلت (درصد) Hardness (%)	REEU (kWh/ton)
اثرات اصلی Main effects	پلت چسبان Pellet binder	0	55.05 ^b	2.48 ^b	15.87 ^a
		1.5	60.04 ^a	2.82 ^a	13.22 ^b
		3	61.05 ^a	2.61 ^b	12.98 ^b
	پودر ضایعات کشتارگاهی طیور	0	69.64 ^a	2.98 ^a	14.46
		5	62.37 ^b	2.82 ^b	13.21
	PBM	10	44.13 ^c	2.11 ^c	14.09
خطای استاندارد SEM			1.994	0.042	0.223
اثرات متقابل Interactions	پلت چسبان Pellet binder	ضایعات کشتارگاهی PBM			
		0	62.96 ^{abc}	2.73 ^{bcd}	12.77
		1.5	68.13 ^{ab}	3.06 ^{ab}	13.39
		3	77.83 ^a	3.16 ^a	12.83
		0	57.73 ^{bcd}	2.63 ^{cd}	13.78
		1.5	63.93 ^{abc}	2.93 ^{abc}	12.86
		3	65.46 ^{ab}	2.90 ^{abc}	12.77
		0	44.46 ^{de}	2.10 ^e	13.35
		1.5	48.06 ^{cde}	2.46 ^d	12.92
		3	39.86 ^e	1.76 ^e	12.26
خطای استاندارد SEM			3.454	0.072	0.426
ارزش معنی‌داری P-value					
پلت چسبان Pellet binder			0.0152	0.0001	0.0451
پودر ضایعات کشتارگاهی طیور PBM			0.0001	0.0001	0.0874
پودر ضایعات کشتارگاهی × پلت چسبان PBM × pellet binder			0.0001	0.0001	0.3441

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

مرتبط است (Geshlog-Olyayee *et al.*, 2011). از طرفی، ضریب تبدیل غذایی نیز تحت تأثیر مقدار PBM قرار گرفت. به طوری که، کمترین مقدار این صفت در گروه دریافت‌کننده ۱۰ درصد PBM بود. به نظر می‌رسد کاهش مصرف خوراک با افزایش سطح PBM دلیل اصلی کاهش ضریب تبدیل غذایی باشد.

علت تفاوت در عملکرد پرندگان دریافت‌کننده PBM احتمالاً به ارزش بیولوژیکی، مقدار انرژی و پروتئین متابولیسمی، نیتروژن فرار کل (TVN) (Ebrahimi *et al.*, 2019) و همچنین عدم تعادل برخی از اسیدهای آمینه ضروری همچون آرژینین، لیزین و تا حدودی تربیتوفان مربوط است (Hasan Zadeh *et al.*, 2014) همچنین کیفیت پایین و خوش خوراکی کم این محصول در سطوح بالا به عنوان یکی دیگر از اثرات سو PBM بر عملکرد جوجه‌های گوشتی ذکر شده است

در یک گزارش، جایگزینی ۷/۵ درصد سویا با PBM در جیره پایانی جوجه‌های گوشتی تغییری در وزن زنده پرندگان ایجاد نکرده است، ولی جوجه‌های دریافت‌کننده PBM وزن نهایی بیشتری در مقایسه با گروه دریافت‌کننده پودر ماهی داشتند (frempong *et al.*, 2019). قشلاق علیایی و همکاران (Geshlog-Olyayee *et al.*, 2011) نیز بیان کردند با افزایش سطح PBM در جیره‌ی مرغ‌های تخم‌گذار مصرف خوراک روزانه کاهش می‌یابد، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده سویا (۱۰۸ گرم در روز) در مقایسه با گروه حاوی ۱۰ درصد PBM (۱۰۳ گرم در روز) یکسان گزارش شده است (frempong *et al.*, 2019). احتمالاً کاهش مصرف خوراک به عدم تعادل اسیدهای آمینه در جیره‌ها جیره‌های حاوی مقادیر بالای PBM

(Sahraei et al., 2012).

۰/۷۵ و ۱/۵ درصد تغییری در افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی پرورش نداشته است (Attar et al., 2018). با این حال، در یک مطالعه افزودن ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم به جیره سبب افزایش ضریب تبدیل غذایی شده است (Attar et al., 2019). همچنین استفاده از ۰/۴ درصد لیگنو سولفونات کلسیم به‌عنوان پلت‌چسبان سبب کاهش مصرف خوراک در مقایسه با گروه شاهد شده است، درحالی‌که سطح ۱/۵ درصد پلت‌چسبان کاهش ضریب تبدیل خوراک را به همراه داشته است (Saleh et al., 2021).

در زمینه استفاده از پلت‌چسبان‌ها در جیره طیور گوشتی و اثرات آن بر عملکرد پرنده نتایج متفاوتی وجود دارد. به‌عنوان مثال، عطار و همکاران (Attar et al., 2019) با بررسی سه سطح صفر، ۷/۵ و ۱۵ گرم در کیلوگرم پلت‌چسبان بنتونیت فعال تغییری در افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک مشاهده نکردند، که نتایج تحقیق حاضر تأییدکننده این گزارش است. همچنین عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با پلت‌چسبان بنتونیت سدیم یکسان گزارش شده است (Abbasi Pour et al., 2021)، که نتایج آزمایش حاضر مؤید آن است. همچنین در توافق با نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از سطوح صفر،

جدول ۳- اثر سطوح مختلف پودر ضایعات کشتارگاهی طیور و پلت‌چسبان بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی^۱

Table 3- The effect of different levels of PBM and pellet binder on the performance of broilers in the final period¹

		سطح Level	افزایش وزن (گرم/روز) Weight gain (g/day)	مصرف خوراک (گرم/روز) Feed intake (g/day)	ضریب تبدیل FCR	
اثرات اصلی Main effects	پلت‌چسبان	0	85.42	168.29	1.97	
	Pellet binder	1.5	85.55	162.16	1.90	
		3	85.90	162.75	1.89	
		0	86.08	170.01 ^a	1.97 ^a	
	پودر ضایعات کشتارگاهی طیور PBM	5	87.09	162.82 ^b	1.92 ^{ab}	
		10	83.70	160.37 ^b	1.87 ^b	
خطای استاندارد SEM			1.649	1.968	0.029	
اثرات متقابل Interactions	پلت‌چسبان		ضایعات کشتارگاهی			
	Pellet binder		PBM			
		0	0	86.91	181.64 ^a	2.09
		1.5	0	85.73	163.82 ^b	1.92
		3	0	85.61	164.55 ^b	1.92
		0	5	87.62	164.03 ^b	1.87
		1.5	5	88.49	163.43 ^b	1.85
		3	5	85.16	161.01 ^b	1.89
		0	10	81.74	159.19 ^b	1.95
		1.5	10	82.43	159.22 ^b	1.93
		3	10	86.94	162.70 ^b	1.88
خطای استاندارد SEM			2.857	3.409	0.050	
ارزش معنی‌داری P-value						
پلت‌چسبان			0.9775	0.0693	0.1628	
Pellet binder						
پودر ضایعات کشتارگاهی طیور			0.3431	0.0051	0.0584	
PBM						
پودر ضایعات کشتارگاهی × پلت‌چسبان			0.7458	0.0033	0.1055	
PBM × Pellet binder						

^۱ میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

¹ Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

جدول ۴- اثر سطوح مختلف پودر ضایعات کشتارگاهی طیور و پلت چسبان بر راندمان اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی^۱

Table 4- The effect of different levels of PBM and pellet binder on the efficiency of carcass traits (percentage of live weight) of broiler chickens in the final period¹

		سطح Level	لاشه Carcass	سینه Breast	ران Thigh
اثرات اصلی Main effects	پلت چسبان Pellet binder	0	64.02	25.03	18.99
		1.5	64.10	25.07	18.67
		3	62.96	24.24	18.71
	پودر ضایعات کشتارگاهی طیور PBM	0	64.62	24.40	18.07 ^b
		5	63.00	24.25	18.65 ^b
		10	63.45	25.70	19.64 ^a
خطای استاندارد SEM			0.282	0.523	0.516
اثرات متقابل Interactions	ضایعات کشتارگاهی PBM				
	پلت چسبان Pellet binder	0	64.26	24.56	17.96
		1.5	65.04	24.51	18.01
		3	64.57	24.12	18.25
		0	63.63	24.41	19.21
		1.5	63.46	24.46	18.52
		3	61.92	23.87	18.23
		0	64.17	26.14	19.80
		1.5	63.80	26.24	19.48
		3	62.39	24.72	19.64
خطای استاندارد SEM			0.894	0.906	0.849
ارزش معنی‌داری P-value					
پلت چسبان Pellet binder			0.2246	0.4519	0.6846
پودر ضایعات کشتارگاهی PBM			0.0807	0.1055	0.0009
پودر ضایعات کشتارگاهی × پلت چسبان PBM			0.2816	0.5628	0.3319

^۱ میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

مقایسه راندمان اجزای لاشه در اثر استفاده از PBM و پلت چسبان در جیره‌هاجیره‌های آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده درصد لاشه و سینه تحت تأثیر افزودن سطوح مختلف پلت چسبان و PBM قرار نگرفت ($P > 0.05$). اما درصد ران در جیره‌هاجیره‌های حاوی ۱۰ درصد PBM در مقایسه با جیره حاوی صفر و پنج درصد از این محصول افزایش یافت. در توافق با نتایج تحقیق حاضر، حسن‌زاده و همکاران (Hasan *et al.*, 2014) افزایش وزن ران جوجه‌های گوشتی در جایگزینی سویا با PBM (به‌مقدار صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد) را گزارش کردند. از طرفی، در یک مطالعه جایگزینی سطوح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد کنجاله سویا با مخلوط پروتئینی حاوی کنجاله کانولا و PBM تغییری در وزن نسبی لاشه قابل مصرف، سینه و ران ایجاد

نبتونیت سدیم یک رس آلومینوسیلیکاتی سه لایه دارای کاتیون‌های قابل تبادل است و نسبت به سایر رس‌های آلومینوسیلیکاتی ظرفیت بیشتری در جذب آب دارد و در اکثر مطالعات انجام گرفته، بنتونیت سدیم در جهت کاهش اثرات منفی آفاتوکسین‌ها و مایکوتوکسین‌ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایج نیز امیدوارکننده بوده است (Pasha *et al.*, 2008). با این حال، اطلاعاتی در زمینه استفاده از این رس سیلیکاتی در جیره‌هاجیره‌های حاوی PBM وجود ندارد و احتمالاً اگر این ماده معدنی در غلظت‌های بالا به جیره‌هاجیره‌های پلت افزوده شود، ممکن است سبب کاهش ارزش غذایی خوراک به دلیل کاهش جذب مواد معدنی و ویتامین‌ها و اتصال آن‌ها بهم و عدم تعادل تغذیه‌ای حیوانات گردد (Nadziakiewicz *et al.*, 2019).

یکسان بودن سطح انرژی و پروتئین در این آزمایش می‌تواند منجر به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی شود. احتمال می‌رود دلیل افزایش وزن نسبی ران در سطح ۱۰ درصد PBM نسبت به گروه فاقد این محصول دامیناسیون اسیدهای آمینه و تبدیل آن‌ها به چربی باشد. همچنین لیزین به‌عنوان مهم‌ترین عامل بر تولید عضله سینه در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Zampiga *et al.*, 2018) که در این مطالعه، تمامی جیره‌ها از نظر لیزین متعادل بودند و مقدار بنتونیت سدیم استفاده شده نیز اثر منفی بر جذب اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها نداشت.

نکرده است (Izanloo *et al.*, 2021). همچنین اثرات مشابهی بر وزن نسبی اجزای لاشه (لاشه، ران و سینه) در جیره بر پایه ذرت، کنجاله سویا و گندم داشته است (Çenesiz *et al.*, 2020)، که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کند. همچنین در سایر گزارش‌ها استفاده از بنتونیت سدیم تغییری در درصد اجزای لاشه ایجاد نکرده است (Abbasi Pour *et al.*, 2021). به‌علاوه جایگزینی ۱۵ درصد کنجاله سویا با PBM تغییری در وزن لاشه و ران ایجاد نکرده است (Hassanabadi *et al.*, 2008) در توجیه این نتایج بیان شده است که بازده لاشه و درصد سینه جز آن دسته صفاتی هستند که بیشتر تحت تأثیر ژنتیک حیوان قرار می‌گیرند و عوامل تغذیه‌ای چندان بر آن‌ها دخیل نیست (Wang *et al.*, 2014). از طرفی،

جدول ۵- تأثیر جیره‌های آزمایشی بر وزن نسبی بخش‌های مختلف روده باریک در جوجه‌های گوشتی (گرم به‌ازای کیلوگرم وزن بدن)^۱

Table 5- The effect of experimental diets on the relative weight of different segments of the small intestine in broiler chicken (g/kg body weight)¹

		سطح Level	دئودنوم Dedendum	ژژنوم Jejunum	ایلئوم Ileum	
اثرات اصلی Main effects	پلت‌چسبان Pellet binder	0	0.69	1.32	1.16 ^a	
		1.5	0.66	1.25	1.04 ^b	
		3	0.70	1.23	1.14 ^{ab}	
	پودر ضایعات کشتارگاهی طیور	0	0.42	1.42 ^a	1.18 ^a	
	PBM	5	0.40	1.33 ^a	1.17 ^a	
		10	0.41	1.06 ^b	0.99 ^b	
خطای استاندارد SEM			0.015	0.031	0.029	
اثرات متقابل Interactions	پلت‌چسبان Pellet binder		ضایعات کشتارگاهی PBM			
		0	0	0.84 ^a	1.52 ^a	1.29 ^a
		1.5	0	0.65 ^{cd}	1.38 ^{ab}	1.07 ^{abc}
		3	0	0.79 ^{ab}	1.35 ^{ab}	1.18 ^{ab}
		0	5	0.64 ^{cd}	1.36 ^{ab}	1.09 ^{abc}
		1.5	5	0.70 ^{cd}	1.37 ^{ab}	1.18 ^{ab}
		3	5	0.75 ^{abc}	1.26 ^{bc}	1.09 ^{abc}
		0	10	0.58 ^d	1.08 ^{cd}	1.18 ^{ab}
		1.5	10	0.65 ^{cd}	1.01 ^d	1.24 ^{ab}
		3	10	0.57 ^d	1.09 ^{cd}	1.11 ^{ab}
خطای استاندارد SEM			0.027	0.054	0.051	
ارزش معنی‌داری P-value						
پلت‌چسبان Pellet binder			0.2360	0.1221	0.0112	
پودر ضایعات کشتارگاهی PBM			0.0001	0.0001	0.0001	
پودر ضایعات کشتارگاهی × پلت‌چسبان PBM			0.0001	0.0001	0.0001	

^۱ میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05).

^۱Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

در جدول ۵، اثرات سطوح مختلف پلت چسبان بنتونیت و PBM بر وزن نسبی بخش‌های مختلف روده باریک نشان داده شده است. با سطح ۱۰ درصد PBM در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش معنی‌دار وزن ژژنوم و ایلئوم گردید ($P < 0/05$). با این حال، تفاوتی بین سطح صفر و پنج درصد PBM مشاهده نشد. همچنین استفاده از سطوح مختلف بنتونیت سدیم به‌عنوان پلت چسبان تغییری در وزن ژژنوم و دئودنوم ایجاد نکرد ($P < 0/05$). ولی سطح سه درصد این رس آلوئینوسیلیکاتی سبب کاهش وزن ایلئوم در مقایسه با تیمار فاقد این ماده شد.

تا زمان انجام این آزمایش، هیچ مطالعه‌ای در زمینه اثرات متقابل بین سطوح مختلف پلت چسبان بنتونیت سدیم و PBM وجود نداشت. همچنین اطلاعات در خصوص افزودن بنتونیت سدیم و PBM به جیره جوجه‌های گوشتی و بررسی اثرات آن بر قسمت‌های مختلف روده باریک بسیار اندک است. در یک مطالعه، افزودن ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم فعال سبب کاهش وزن نسبی دئودنوم (۶/۴۶ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) در مقایسه با گروه فاقد این پلت چسبان (۷/۵۴ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) در جوجه‌های گوشتی در دوره رشد شده است (Attar et al., 2019). همچنین عنوان شده است که افزودن بنتونیت سدیم به‌عنوان پلت چسبان به جیره پایانی جوجه‌های گوشتی تغییری در وزن و طول نسبی بخش‌های مختلف روده باریک ایجاد کرده است (Attar et al., 2018). از طرفی، عباسی‌پور و همکاران (Abbasi Pour et al., 2021) با افزودن ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم به جیره تغییری در وزن نسبی دئودنوم در سن ۲۴ روزگی مشاهده نکرد. همچنین وزن نسبی ژژنوم و ایلئوم با افزودن ۱۵ گرم در کیلوگرم خوراک به ترتیب ۲۶/۸ و ۲۳/۱ گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Abbasi Pour et al., 2021)، که نتایج مطالعه حاضر تأییدکننده گزارش‌های قبلی است.

همچنین در تضاد با نتایج حاضر حسن‌آبادی و همکاران (Hassanabadi et al., 2008) تغییری در وزن روده خالی با جایگزینی ۱۵ درصد PBM مشاهده نکردند. در بررسی عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2010) استفاده از جیره پلت بر پایه گندم یا ذرت تأثیری بر وزن نسبی ژژنوم و ایلئوم در سن ۴۲ روزگی نداشت، ولی وزن نسبی دئودنوم را افزایش داد. همچنین در یک مطالعه، کاهش وزن و طول نسبی دئودنوم و کاهش طول سکوم در جیره‌های پلت گزارش شده است (Abdollahi et al., 2013). طاهرپرور و همکاران (Taherparvar et al., 2016) نیز تغییری در وزن نسبی اجزای روده باریک مشاهده نکردند، که موافق با نتایج حاضر است. به‌طور کلی کاهش طول و وزن نسبی طول اجزای لوله گوارش نشان‌دهنده بهبود در عملکرد رشد پرنده است (Amerah et

که در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. در خصوص علت تغییرات مورفولوژی بخش‌های مختلف روده باریک دو احتمال وجود دارد. اولین دلیل رابطه مستقیم بین فلور میکروبی دستگاه گوارش و سلامت مورفولوژی روده است. در این زمینه افزایش برخی جمعیت‌های باکتریایی از طریق تولید ترکیبات خاص مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر یا باکتریوسین سبب حذف رقابتی و کاهش بروز عوارض جانبی برخی پاتوژن‌ها مانند کلی‌فرم‌ها می‌شود (Jazi et al., 2017). دومین دلیل می‌تواند قابلیت هضم ظاهری ایلئومی بیشتر و نیز تفاوت پروفایل اسید آمینه‌ای منابع پروتئینی حیوانی در مقایسه با منابع گیاهی باشد (Ravindran et al., 2005) که باعث بهبود مورفولوژی روده شده است.

استفاده از سطوح مختلف پلت چسبان بنتونیت سدیم تغییری در چربی حفره شکمی نداشت، ولی افزایش چربی رابطه مستقیمی با افزایش جایگزینی PBM در جیره را نشان داد، که این مسئله در نتایج اکثر مطالعات انجام شده روی PBM به چشم می‌خورد (Zampiga et al., 2018; Izanloo Hassanabadi et al., 2008; et al., 2021). عطار و همکاران (Attar et al., 2017) تغییری در چربی حفره شکمی با افزودن سطوح صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد پلت چسبان تجاری جی‌بایند مشاهده نکردند. همسو با نتایج آزمایش حاضر، ایزانلو و همکاران (Izanloo et al., 2021) افزایش معنی‌دار چربی محوطه بطنی در زمان جایگزینی سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد مخلوط پروتئینی شامل کنجاله کانولا و PBM را مشاهده کردند. از طرفی، در مطالعه حسن‌آبادی و همکاران (Hassanabadi et al., 2008) افزایش چربی محوطه شکمی در جایگزینی ۱۵ درصد کنجاله سویا با PBM عنوان شده است، که نویسندگان علت آن را عدم تعادل اسیدهای آمینه در جیره‌های حاوی مقادیر زیاد PBM ذکر کرده‌اند. از طرفی، گزارش شده است که عدم تعادل اسیدهای آمینه در جوجه‌های گوشتی سبب افزایش دامیناسیون و تبدیل اسیدهای آمینه به چربی می‌شود (Zampiga et al., 2018).

مقدار تری‌گلیسرید با افزودن سطوح سه درصد بنتونیت سدیم (۵۳/۳۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) در مقایسه با گروه فاقد این پلت چسبان (۳۰/۵۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0/05$). همچنین بیشترین مقدار کلسترول، HDL، LDL و تری‌گلیسرید در گروه دریافت‌کننده ۱۰ درصد PBM مشاهده شد. اثرات متقابل بین PBM و پلت چسبان بر چربی‌های سرم خون نیز معنی‌دار بود. به‌طوری‌که غلظت متابولیت‌های چربی در گروه ۳ و ۱/۵ درصد پلت چسبان و ۱۰ درصد PBM بیشترین افزایش را نشان داد.

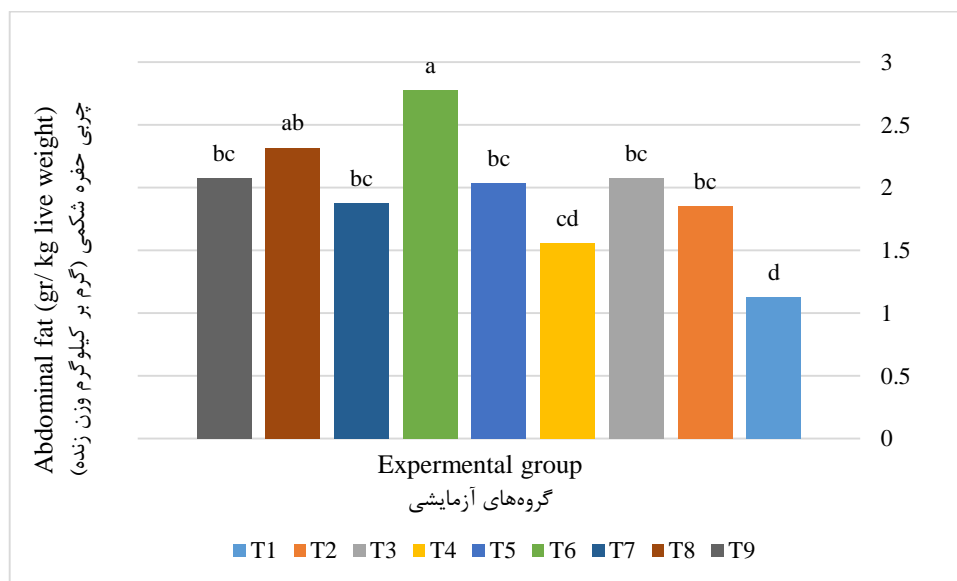


Figure 1 - The effect of experimental treatments on the abdominal cavity test of broilers

شکل ۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر چربی حفره شکمی جوجه‌های گوشتی

T1 گروه شاهد (فاقد پلت‌چسبان و PBM)، T2 گروه دریافت‌کننده پنج درصد PBM و فاقد پلت‌چسبان، T3 گروه دریافت‌کننده ۱۰ درصد PBM و فاقد پلت‌چسبان، T4 گروه دریافت‌کننده ۱/۵ درصد پلت‌چسبان و فاقد PBM، T5 گروه دریافت‌کننده ۱/۵ درصد پلت‌چسبان و پنج درصد PBM، T6 گروه دریافت‌کننده ۱/۵ درصد پلت‌چسبان و ۱۰ درصد PBM، T7 گروه دریافت‌کننده سه درصد پلت‌چسبان و فاقد PBM، T8 گروه دریافت‌کننده سه درصد پلت‌چسبان و پنج درصد PBM و T9 گروه دریافت‌کننده سه درصد پلت‌چسبان و ۱۰ درصد PBM.

T1 control group (without pellet binder and PBM), T2 group receiving 5% PBM and without pellet binder, T3 group receiving 10% PBM and without pellet binder, T4 group receiving 1.5% pellet binder and without PBM, T5 group receiving 1.5% pellet binder and 5% PBM, T6 group receiving 1.5% pellet binder and 10% PBM, T7 group receiving 3% pellet binder and without PBM, T8 group receiving 3% pellet binder and 5% PBM and T9 group receiving 3% pellet binder and 10% PBM.

یکسان بود.

نتیجه‌گیری کلی

از نتایج این آزمایش مشخص شد که استفاده از پودر ضایعات کشتارگاهی طیور به‌عنوان یک منبع پروتئینی با ارزش غذایی مناسب تا سطح پنج درصد بدون اثرات منفی بر عملکرد جهت استفاده در جیره پلت شده جوجه‌های گوشتی در جیره پایانی و در سطوح بالا زمانی که کنجاله سویا گران و یا در دسترس نبود، امکان‌پذیر است. با این حال، سطح ۱۰ درصد در این مطالعه افزایش انواع چربی‌های خون را به همراه داشت. همچنین بتونیت سدیم تجاری مورد مطالعه تا سطح ۱/۵ درصد به‌عنوان یک پلت‌چسبان جهت افزایش کیفیت پلت قابل استفاده است. ضرورت مطالعات بیشتر در زمینه استفاده هم‌زمان از بتونیت سدیم و پودر ضایعات کشتارگاهی طیور جهت اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده در سایر دوره‌های پرورش جوجه‌های گوشتی احساس می‌شود.

حسن‌زاده سیدی و همکاران (Hasan Zadeh Seyedi *et al.*, 2017)

با جایگزینی سطوح صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد PBM تغییری در کلسترول، تری‌گلیسرید، HDL و LDL مشاهده نکرد. با این حال، در مطالعه کوردوا-نوا (Cordova-Noboa *et al.*, 2018) کلسترول سرم جوجه‌های دریافت‌کننده PBM در مقایسه با گروه فاقد این منبع پروتئینی افزایش یافت. همچنین استفاده از ۰/۷۵ درصد و ۱/۵ درصد بتونیت سدیم در جیره جوجه‌های گوشتی تغییری در غلظت HDL و LDL ایجاد نکرده است (Attar *et al.*, 2017)، که مشابه نتایج آزمایش حاضر است. مکانیسم مشخصی در زمینه افزایش چربی‌های خون با افزودن PBM به جیره یافت نشد. احتمالاً افزایش چربی‌های سرم ناشی از افزایش مقدار چربی PBM باشد که سبب تجمع چربی در کبد و به دنبال آن افزایش غلظت‌های کلسترول، HDL، LDL و تری‌گلیسرید گردیده است. غلظت کلسترول همبستگی مثبتی با وزن داشته و خوراک به‌عنوان یک عامل محیطی بر مقدار آن اثرگذار است و از آن جایی که وزن بدن در تمامی گروه‌های آزمایشی مشابه بود، غلظت کلسترول در پرندگان نیز

جدول ۶- تأثیر پلت چسبان و پودر ضایعات کشتارگاهی طیور بر چربی‌های سرم خون جوجه‌های گوشتی (میلی گرم بر دسی‌لیتر)^۱

Table 6- The effect of pellet binder and PBM on serum fats of broiler chickens (mg/dl)¹

		سطح Level	کلسترول Cholesterol	HDL	LDL	تری‌گلیسرید Triglyceride	
اثرات اصلی Main effects	پلت چسبان	0	55.87	34.04	16.95	30.50 ^b	
	Pellet binder	1.5	67.37	39.58	18.50	47.32 ^a	
		3	69.83	40.04	19.95	53.33 ^a	
	پودر ضایعات کشتارگاهی طیور	0	55.29 ^b	33.79 ^b	15.52 ^b	35.41 ^b	
		5	44.25 ^b	24.79 ^b	14.79 ^b	31.62 ^b	
PBM	10	93.54 ^a	55.08 ^a	25.37 ^a	64.12 ^a		
خطای استاندارد SEM			4.565	3.318	1.330	4.871	
اثرات متقابل Interactions	پلت چسبان		ضایعات کشتارگاهی				
	Pellet binder		PBM				
		0	0	60.25 ^b	38.37 ^{bc}	15.50 ^{bc}	38.38 ^c
		1.5	0	63.50 ^b	36.25 ^c	16.62 ^{bc}	38.25 ^c
		3	0	42.13 ^c	26.75 ^c	13.62 ^c	29.63 ^c
		0	5	42.88 ^c	25.25 ^c	14.62 ^c	24.75 ^c
		1.5	5	33.63 ^c	17.87 ^{cd}	13.37 ^c	25.25 ^c
		3	5	56.25 ^{bc}	31.25 ^c	16.38 ^{bc}	44.88 ^{bc}
		0	10	64.50 ^b	38.50 ^{bc}	20.75 ^{ab}	28.38 ^c
		1.5	10	105.00 ^a	64.62 ^a	25.50 ^{ab}	78.50 ^{ab}
	3	10	111.13 ^a	62.12 ^a	29.87 ^a	85.50 ^a	
خطای استاندارد SEM			7.907	5.436	2.304	8.437	
ارزش معنی‌داری P-value							
پلت چسبان			0.0775	0.3288	0.2877	0.0045	
Pellet binder							
پودر ضایعات کشتارگاهی			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
PBM							
پودر ضایعات کشتارگاهی × پلت چسبان			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
PBM							

^۱ میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05).

¹ Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

References

- Abbasi Pour, A. R., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2021). Effects of conditioning time and activated sodium bentonite on pellet quality, performance, intestinal morphology, and nutrients retention in growing broilers fed wheat-soybean meal diets. *Animal Feed Science and Technology*, 277, 114955. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114955>.
- Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G. and Thomas, D. V., (2013). Influence of pellet diameter and length on the quality of pellets and, performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed wheat-based diets. *British Poultry Science*, 54(3), 337-345. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.780285>.
- Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., & Thomas, D. V. (2010). Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize-and wheat-based diets. *British Poultry Science*, 51(5), 648-657. DOI: 10.1080/00071668.2010.522557.
- Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R. G., & Thomas, D. G. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86(12), 2615-2623. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00212>.
- Attar, A., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2018). Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrient retention in finisher broilers. *British poultry science*, 59(2), 190-197. DOI: 10.1080/00071668.2017.1409422.
- Attar, A., kermanshahi, H., golian, A. (2017). Effects of conditioning and sodium bentonite on performance, relative weight of different organs and blood parameters of broiler chickens in grower period. *Animal Production*,

- 19(2), 441-453. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jap.2017.61708>.
7. Attar, A., Kermanshahi, H., Golian, A., Abbasi Pour, A., & Daneshmand, A. (2019). Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chickens. *British Poultry Science*, 60(6), 777-783. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1663493>.
 8. Çenesiz, A. A., Yavaş, İ., Çiftci, İ., Ceylan, N., & Taşkesen, H. O. (2020). Guanidinoacetic acid supplementation is favourable to broiler diets even containing poultry by-product meal. *British Poultry Science*, 61(3), 311-319. DOI: [10.1080/00071668.2020.1720909](https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1720909).
 9. Cordova-Noboa, H. A., Oviedo-Rondón, E. O., Sarsour, A. H., Barnes, J., Sapkota, D., López, D., ... & Braun, U. (2018). Effect of guanidinoacetic acid supplementation on live performance, meat quality, pectoral myopathies and blood parameters of male broilers fed corn-based diets with or without poultry by-products. *Poultry Science*, 97(7), 2494-2505. DOI: [10.3382/ps/pey097](https://doi.org/10.3382/ps/pey097).
 10. Ebrahimi, M., Ahmadi, H., & Shariatmadari, F. (2019). Determination of chemical compositions and metabolizable energy of poultry by-product meal. *Animal Production*, 21(3), 339-348.
 11. Frempong, N. S., Nortey, T. N., Paulk, C., & Stark, C. R. (2019). Evaluating the Effect of replacing fish meal in broiler diets with either Soybean meal or poultry by-product Meal on Broiler Performance and total feed cost per kilogram of gain. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 912-918. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz049>.
 12. Geshlog-Olyayee, O. M., Jonmohammadi, H., Taghizadeh, A., & Rafat, S. A. (2011). Effects of poultry by-product meal on performance, egg quality and blood parameters of commercial laying hens at the 42-52 weeks of age.
 13. Hasan Zadeh Seyedi, A., Janmohamady, H., Hosseinkhani, A., Jasouri, M. (2014). Nutritive value of poultry by-product meal in broiler chickens nutrition. *Journal of Animal Science Research*, 24(1), 11-22. (In Persian)
 14. Hassanabadi, A., Amanloo, H., & Zamanian, M. (2008). Effects of substitution of soybean meal with poultry by-product meal on broiler chickens performance. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7. (In Persian)
 15. Hicks, T. M., & Verbeek, C. J. R. (2016). Meat industry protein by-products: sources and characteristics. In *Protein Byproducts* (pp. 37-61). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802391-4.00003-3>.
 16. Izanloo, M., Maghsoudlou, S., & Ghanbari, F. (2021). Investigation on Substitution Possibility of proteinous mixture with soybean-meal and multi-enzyme supplementation on broiler performance. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(2), 201-219. DOI: [10.22067/IJASR.2021.38307](https://doi.org/10.22067/IJASR.2021.38307). (In Persian).
 17. Jazi, V., Boldaji, F., Dastar, B., Hashemi, S. R., & Ashayerizadeh, A. (2017). Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. *British poultry science*, 58(4), 402-408. DOI: [10.1080/00071668.2017.1315051](https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1315051).
 18. Keyhani yazdi, H., Hosseini-vashan, S., Afzali, N., Mojtahedi, M., & Allahresani, A. (2019). Effects of physical modification of nanostructure aluminosilicate on growth performance, carcass traits and blood parameters of broiler chicken challenged with Aflatoxin B1. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 10(4), 489-500. DOI: [10.22067/IJASR.V10I4.64649](https://doi.org/10.22067/IJASR.V10I4.64649). (In Persian)
 19. Leiva, A., Granados-Chinchilla, F., Redondo-Solano, M., Arrieta-González, M., Pineda-Salazar, E., & Molina, A. (2018). Characterization of the animal by-product meal industry in Costa Rica: Manufacturing practices through the production chain and food safety. *Poultry science*, 97(6), 2159-2169. doi: [10.3382/ps/pey058](https://doi.org/10.3382/ps/pey058).
 20. Loar II, R. E., & Corzo, A. (2011). Effects of feed formulation on feed manufacturing and pellet quality characteristics of poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 67(1), 19-28. DOI: <https://doi.org/10.1017/S004393391100002X>.
 21. Meeker, D. L., & Meisinger, J. L. (2015). Companion Animals Symposium: Rendered ingredients significantly influence sustainability, quality, and safety of pet food. *Journal of Animal Science*, 93(3), 835-847. DOI: [10.2527/jas.2014-8524](https://doi.org/10.2527/jas.2014-8524).
 22. Mekonnen, T., Mussone, P., & Bressler, D. (2016). Valorization of rendering industry wastes and co-products for industrial chemicals, materials and energy. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(1), 120-131. doi: [10.3109/07388551.2014.928812](https://doi.org/10.3109/07388551.2014.928812).
 23. Nadziakiewicz, M., Kehoe, S., & Micek, P. (2019). Physico-chemical properties of clay minerals and their use as a health promoting feed additive. *Animals*, 9(10), 714. <https://doi.org/10.3390/ani9100714>.
 24. Netto, M. T., Massuquetto, A., Krabbe, E. L., Surek, D., Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2019). Effect of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 963-973. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz056>.
 25. Park, C. S., Naranjo, V. D., Htoo, J. K., & Adeola, O. (2020). Comparative amino acid digestibility between broiler chickens and pigs fed different poultry by-products and meat and bone meal. *Journal of Animal Science*, 98(7), skaa223. doi: [10.1093/jas/skaa223](https://doi.org/10.1093/jas/skaa223).
 26. Pasha, T. N., Mahmood, A., Khattak, F. M., Jabbar, M. A., & Khan, A. D. (2008). The effect of feed supplemented with different sodium bentonite treatments on broiler performance. *Turkish Journal of Veterinary and Animal*

- Sciences*, 32(4), 245-248.
27. Payne, J., Rattink, W., Smith, T., Winowiski, T., Dearsledy, G., & Strøm, L. (1994). The pelleting handbook. A guide for production staff in the compound feed industry. *Borregaard Lignotech. Sarpsborg*.
 28. Ravindran, V., Hew, L. I., Ravindran, G., & Bryden, W. L. (2005). Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. *Animal Science*, 81(1), 85-97. DOI: <https://doi.org/10.1079/ASC42240085>.
 29. Sahraei, M., Lotfollahian, H., & Ghanbari, A. (2012). Effect of poultry by product meal on performance parameters, serum uric acid concentration and carcass characteristics. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 1(2), 73-77.
 30. Saleh, A. A., Elnagar, A. M., Eid, Y. Z., Ebeid, T. A., & Amber, K. A. (2021). Effect of feeding wheat middlings and calcium lignosulfonate as pellet binders on pellet quality growth performance and lipid peroxidation in broiler chickens. *Veterinary Medicine and Science*, 7(1), 194-203. doi: 10.1002/vms3.344. Epub 2020 Aug 19.
 31. Svihus, B., Kløvstad, K. H., Perez, V., Zimonja, O., Sahlström, S., Schüller, R. B. & Prestløkken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Animal Feed Science and Technology*, 117(3-4), 281-293. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.08.009>.
 32. Taherparvar, G., Seidavi, A., Asadpour, L., Payan-Carreira, R., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2016). Effect of litter treatment on growth performance, intestinal development, and selected cecum microbiota in broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 257-264. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000500008>.
 33. Toroghian, M., & Vakili, R. (2015). The effect of physical form of feed on performance and nutritional behaviors in broilers. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 6(4), 359-364. doi: 10.22067/IJASR.V6I4.26851. (In Persian)
 34. Wang, X., Peebles, E. D., & Zhai, W. (2014). Effects of protein source and nutrient density in the diets of male broilers from 8 to 21 days of age on their subsequent growth, blood constituents, and carcass compositions. *Poultry Science*, 93(6), 1463-1474. doi: 10.3382/ps.2013-03838.
 35. Zampiga, M., Laghi, L., Petracchi, M., Zhu, C., Meluzzi, A., Dridi, S., & Sirri, F. (2018). Effect of dietary arginine to lysine ratios on productive performance, meat quality, plasma and muscle metabolomics profile in fast-growing broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 1-14. Doi: 10.1186/s40104-018-0294-5.



Effect of Lysophospholipids (LPLs) Supplementation in Diets containing different fat sources and levels on Blood Parameters, Intestinal Morphology, cecal microbial flora and Performance in Broiler Chicks during Starter Period

Ali Akbar Salari¹, Abolghasem Golian^{1*}, Ahmad Hassanabadi¹

Received: 04-03-2020
Revised: 24-08-2021
Accepted: 24-01-2022
Available Online: 24-01-2022

How to cite this article:

Salari, A.A., Golian, A., & Hassanabadi, A. (2023). Effect of Lysophospholipids (LPLs) Supplementation in Diets containing different fat sources and levels on Blood Parameters, Intestinal Morphology, cecal microbial flora and Performance in Broiler Chicks during Starter Period . *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 565-582.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.38275.0](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.38275.0)

Introduction Feed cost has gradually increased in poultry production worldwide. One approach to minimizing production cost is dietary manipulation of nutrient supplies through improved feed efficiency. The inclusion of lipids in broiler diets is essential to meet metabolisable energy requirement. Great amounts of animal fats and vegetable oils are usually added to broiler diets to increase their energy content. However, several factors can affect lipids digestion, both related to the animal characteristics such as bird age, genetic strain, secretion and activity of digestive enzymes, and to the diet composition such as type of fat used as lipid supplement, ratio of unsaturated to saturated fatty acids in the diet, presence of pentosans and dietary fiber. Within this reality, researches have been conducted to study the increased digestibility of oils and fats by emulsifying substances, such as bile salts and phospholipids. Lysophospholipid (LPL) is a more effective biosurfactant in emulsifying properties than bile salts and soy lecithin because one molecule in the hydrophobic tail is removed, indicating more stability in the aqueous environment of the gastrointestinal tract. Another action of lysophospholipids is related to the antibacterial effect. They may modify the biological structure of bacteria causing changes in membrane permeability, raising the speculation of a combined effect with organic acids on poultry gut health. The changes in membrane permeability by lysophospholipids may facilitate the ion dissociation of the organic acids inside the bacteria. In turn, the control of the intestinal microbiota through these additives could preserve the integrity of endogenous, consequently, the present study was designed to investigate the effects of dietary LPL supplementation in diets differing in fat on blood parameters, intestinal morphology, ceca microbiome and performance in broiler chicks.

Materials and Methods This experiment was performed in a completely randomized design based on factorial arrangement to evaluate the effect of lysophospholipid supplementation (0 and 0.25g/kg) in corn-soybean meal diets containing three fat sources (soybean oil, tallow and their blend 50: 50%) and each at two levels (1.5 and 3%) with 12 isocaloric and isonitrogenous starter diets. Each diet was fed to six replicates of 10 chicks each during 1 to 14 days of age. Performance traits, jejunal morphology, serum lipid composition, cecal microbial population of one chick from each replicate were measured at day 14.

Results and Discussion the interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level were not significant on broiler performance during 1 to 14 days of age, except for the lysophospholipid supplementation and fat level that was significant on feed intake in the starter period. Among the main effects

1- Ph.D. Student and Professors of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

*Corresponding Author Email: golian-a@um.ac.ir

only fat levels had a significant effect on body weight, body weight gain in the starter period, and 3% fat level compared to 1.5% improved body weight and body weight gain. These results are in agreement with Zampiga et al. (2016) that demonstrated the addition of the lysophospholipid did not statistically improve final body weight and daily weight gain of broilers in the whole period of trial (0–42 d). These observations are partially in contrast with Melegy et al. (2010) who reported that the use of an emulsifier based on lysolecithin at the dosage of 0.25 or 0.5 kg/ton of feed significantly improved these productive parameters. Other factors may be affected on broiler performance such as inappropriate dose of lysophospholipid in diet, low energy levels of the experimental diets, use of 3 factors in the experimental design, and low bird population in each treatment that combined the effects. The interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level were not significant on jejunal villus height, villus width, diameter of epithelium layer, crypt depth and villus height to crypt depth ratio. The interaction effects of lysophospholipid supplementation and fat levels in diet showed a significant effect on villus width. The effect of fat levels was significant for villus height and it increased by the use of 3% levels. The interaction effect of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level was not significant on the concentration of triglyceride, cholesterol, HDL and LDL in serum of broiler chicks. The interaction effect of lysophospholipid supplementation and fat level in diet was significant on the concentration of triglyceride level, and the interaction effect of lysophospholipid supplementation and fat source in diet was significant on LDL in serum lipid level of broiler chicks. The main effect of lysophospholipid supplementation was significant on the concentration of triglyceride, and also the effect of fat source was significant on cholesterol and HDL in serum of broiler chicks. The interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level was not significant for *Lactobacillus* and *E-coli* population in ceca. The main effect of lysophospholipid supplementation was significant increase on the *Lactobacillus* population in ceca, and the effect of fat level in diet was significant decrease on the *E-coli* population in ceca.

Conclusion It can be concluded in this study that of lysophospholipids supplementation did not have a significant effect on performance in broiler chickens during the starter period.

Keywords: Interaction, level, Source, Soybean oil and Tallow

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۸۲-۵۶۵

اثر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر پارامترهای سرم خون، ریخت‌شناسی روده کوچک، فلور میکروبی سکوم و عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین

علی‌اکبر سالاری^۱، ابوالقاسم گلیان^{۱*}، احمد حسن‌آبادی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۴

چکیده

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل جهت ارزیابی اثر مکمل لیزوفسفولیپید (۰ و ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم) در جیره‌های ذرت-کنجاله سویا که حاوی سه منبع چربی (روغن سویا، بیه‌گاو و مخلوط ۵۰:۵۰) و هریک در دو سطح (۱/۵ و ۳ درصد) با ۱۲ جیره آغازین ایزوکالریک و ایزونیتروژنوس انجام شد. هر جیره به شش تکرار دارای ۱۰ قطعه جوجه‌گوشتی در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی تغذیه و صفات عملکردی، ریخت‌شناسی ژنوم، ترکیب لیپیدهای سرم خون، جمعیت میکروبی سکوم یک جوجه از هر تکرار در پایان ۱۴ روزگی اندازه‌گیری شد. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح چربی جیره بر عملکرد جوجه‌ها در این دوره معنی‌دار نبود و فقط اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر مصرف خوراک معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی جیره بر عرض پرز معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). اثر سطح چربی جیره بر ارتفاع پرز معنی‌دار بود و سطح سه درصد سبب افزایش آن شد. اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر میزان تری‌گلیسیرید سرم و اثر مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بودند (p<۰/۰۵). اثر مکمل لیزوفسفولیپید بر میزان تری‌گلیسیرید و همچنین منبع چربی جیره بر میزان کلسترول و HDL سرم معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). مکمل لیزوفسفولیپید بر جمعیت لاکتوباسیلوس و سطح چربی جیره بر جمعیت اشریشیاکلی تأثیر معنی‌دار داشتند (p<۰/۰۵). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که مکمل لیزوفسفولیپید بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین تأثیر نداشت، ولی سبب افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش تری‌گلیسیرید سرم خون شد.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل، بیه‌گاو، روغن سویا، سطح، منبع

مقدمه

جیره می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که در آینده، قیمت دانه ذرت مورد نیاز برای مرغداری‌ها افزایش یابد. بنابراین، باید به فکر تأمین بخشی از انرژی جیره با سایر خوراکی‌های انرژی‌زای ارزان قیمت شد. چربی‌ها به‌طور عمده به‌منظور تأمین انرژی در جیره پرندگان استفاده می‌شوند. افزودن چربی به جیره پرندگان می‌تواند منجر به افزایش مقدار انرژی قابل دسترس برای پرند شود، زیرا تراکم انرژی در هر گرم از چربی یا روغن بیشتر از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها است. هضم و جذب چربی جیره نیازمند فرآوری تری‌گلیسیریدهای نامحلول در آب است که در دستگاه گوارش، چربی‌ها به‌وسیله فعالیت صفرامولسیفیه شده و توسط لیپاز پانکراس هیدرولیز می‌شوند (Zhao et al., 2015). از آن

با توجه به این که هزینه تهیه خوراک ۷۵ درصد هزینه‌های پرورش طیور را در بر دارد میزان و نسبت مواد تشکیل‌دهنده جیره باید طوری باشد که علاوه بر تأمین نیاز حیوان، حداقل هزینه را داشته باشد (Zuhri, 2010). دانه ذرت منبع اصلی و عمده تأمین‌کننده انرژی

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و اساتید گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

(Email: golian-a@um.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

که نسبت به نمک‌های صفاوی و لسیتین بالاتر است، همچنین لیزوفسفولیپید نسبت به نمک‌های صفاوی و لسیتین دارای غلظت بحرانی میسل پایین‌تری است که باعث تشکیل میسل‌های کوچک‌تر در روده حیوان و ایجاد سطح بیشتر قطرات چربی در روده کوچک پرنده می‌شوند (Van and Tomas, 2008). بنابراین، از آن جایی که در واحدهای پرورش طیور بیشترین هزینه صرف تامین خوراک و مواد مغذی می‌شود و از طرفی، قسمت زیادی از این مواد مغذی به‌دلیل محدودیت دستگاه گوارش پرندگان جوان محدود است و به همین دلیل، استفاده از ترکیباتی که باعث افزایش میزان هضم در دستگاه گوارش می‌شوند، می‌توانند عملکرد را بهبود دهند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیرات مکمل لیزوفسفولیپید بر عملکرد، ترکیب لیپیدهای سرم خون، ریخت‌شناسی ژرژنوم و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در جاده مشهد - قوچان اجرا و آنالیزهای مربوط به آن نیز در آزمایشگاه تغذیه دام این دانشکده به انجام رسید. روغن سویای خوراکی تصفیه شده ساخت شرکت هایلی از فروشگاه مواد خوراک انسانی تهیه شد. پیه‌گاو از کشتارگاه صنعتی مشهد به‌میزان ۵۰ کیلوگرم تهیه شد. جهت استفاده از پیه در جیره‌های آزمایشی ابتداء پیه توسط حرارت به مایع تبدیل گردید. بدین منظور پیه بعد از جداسازی ناخالصی‌ها چرخ شده و سپس با حرارت غیرمستقیم میکروفر در میانگین دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده و بعد از عبور از صافی ۰/۱ میلی‌متری جمع‌آوری و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش و استفاده در جیره‌ها نگهداری گردید. مکمل لیزوفسفولیپید با نام تجاری آرتیفایر ساخت کمپانی Arvet در ایالات متحده آمریکا و از نمایندگی گلبار نوین در ایران خریداری شد. ترکیبات مکمل تجاری آرتیفایر شامل پلی اتیلن گلاکول رسینولات، لیزوفسفاتیدیل کولین، لیزوفسفاتیدیل اتانول آمین، لیزوفسفاتیدیل اینوزیتول و لیزوفسفاتیدیک اسید بود.

۷۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل (دو سطح مکمل لیزوفسفولیپید: ۰ و ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم × دو سطح چربی: ۱/۵ و سه درصد × سه منبع چربی: روغن سویا، پیه‌گاو و مخلوط ۵۰:۵۰) با ۱۲ تیمار و شش تکرار ۱۰ قطعه جوجه گوشتی مخلوط نر و ماده استفاده شد. جیره‌ها به‌صورت ایزوکالریک و ایزونیتروژنوس فرموله شدند (جدول ۱). جیره‌ها به‌گونه‌ای تنظیم گردیدند که کلیه احتیاجات جوجه‌ها براساس توصیه سویه راس (۲۰۱۴) تأمین شدند. تنظیم جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار UFFDA صورت گرفت. جوجه‌ها از یک

جا که هضم لیپیدها در دوازدهه و در محلول‌های آبی انجام می‌شود، امولسیون چربی جیره به‌وسیله نمک‌های صفاوی اجازه هیدرولیز با لیپاز پانکراس را می‌دهد، در نتیجه تری‌گلیسریدها در سطح روغن و آب به مونوگلیسریدها و اسیدهای چرب آزاد هیدرولیز می‌شوند. نمک‌های صفاوی همچنین، نقش کلیدی در تشکیل میسل‌های مخلوط ایفا می‌کنند که پس از آن به‌وسیله سلول‌های مخاطی روده کوچک جذب می‌شوند (Kragdahl, 1985). اثبات شده است که ظرفیت هضم و جذب لیپیدها در جوجه‌های جوان محدود است و به بلوغ فیزیولوژیک، سطح پایین تولید لیپاز (Al-Marzooqi and Lesson, 1999)، وضعیت میکروفلورای روده و ترکیب جیره (Maisonier et al., 2003)، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در جیره (Ketels and Groote, 1989)، حضور پنتوزان‌ها (Choct and Annison, 1992) و فیبر جیره (Jimenez-Moreno et al., 2009) بستگی دارد. فرآیند هضم و جذب در طیور به‌دلیل کوچک بودن سیستم هضمی اهمیت بالایی دارد، به این خاطر که مواد خوراکی برای کامل کردن عمل هضم و جذب در دستگاه گوارش طیور حدود دو ساعت زمان دارند، علاوه‌براین هضم چربی‌ها به‌ویژه در پرندگان جوان بهینه نیست و با افزایش سن بهبود می‌یابد که این امر به‌دلیل ظرفیت پایین دستگاه گوارش در ترشح آنزیم لیپاز و اسیدهای صفاوی می‌باشد، به‌طوری‌که فعالیت لیپاز در جوجه‌های یک روزه برابر یک درصد فعالیت آن در سن ۲۱ روزگی است (Leeson and Summers, 2001). بنابراین، از یک سو دستگاه گوارش جوجه بسیار نابالغ است و عمل هضم و جذب در آن به‌صورت ناقص انجام می‌شود و از طرف دیگر، در پرندگان بالغ علاوه‌بر زمان محدود حضور مواد غذایی در روده کوچک، در بسیاری از جیره‌ها امکان تأمین کافی مواد مغذی در واحد حجم مصرفی خوراک پرنده ممکن نبوده و باعث کاهش سرعت رشد و تولید پرنده می‌شود که در نهایت، باعث کاهش سودآوری می‌گردد. بنابراین، باید در جیره پرندگان از افزودنی‌هایی که باعث بهبود هضم چربی شده و انرژی بیشتری را در واحد حجم کمتر تأمین می‌کنند، استفاده نمود که امولسیفایرها از این نوع هستند (Xing et al., 2004). یک مولکول محلول در آب (هیدروفیل) و محلول در چربی (لیپوفیل) به‌عنوان امولسیفایر شناخته می‌شود. مولکول امولسیفایر می‌تواند با بخش آب‌دوست خود در آب و با بخش آب‌گریز خود در چربی حل شود و نقش مهمی در کمک به تشکیل میسل ایفا نماید (Neto et al., 2011). بنابراین، امولسیفایرها می‌توانند قطرات چربی را در امولسیون توزیع کنند که این امر برای هضم و جذب چربی‌ها لازم است. از جمله امولسیفایرهای مؤثر در هضم و جذب چربی در پرندگان می‌توان به لیزوفسفولیپید اشاره کرد. لیزوفسفولیپید، سورفاکتانت‌های طبیعی هستند که از هیدرولیز لسیتین سویا توسط فسفولیپاز A₂ به‌دست می‌آیند (Joshi et al., 2006). تعادل هیدروفیلیک-لیپوفیلیک در لیزوفسفولیپید حدود ۲ تا ۱۲ است

جهت انجام آزمایش‌های تعیین ترکیبات لیپیدهای سرم با دستگاه اتوآنالایزر (Biotechnica BT-3000, Italy) در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. (Hashemi and Jafari Ahangari, 2005). از کیت تجاری شرکت پارس آزمون برای تعیین کلسترول و تری‌گلیسرید پلازما و از کیت تجاری شرکت زیست شیمی برای تعیین میزان HDL و LDL پلازما استفاده شد.

داده‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM آنالیز شدند. میانگین تیمارها به روش توکی مقایسه شدند. اختلاف بین سطوح تیمار میانگین‌های حداقل مربعات با سطح احتمال $P < 0.05$ به‌عنوان اختلاف معنی‌دار آماری در نظر گرفته شد. در حالی که اختلاف میانگین‌ها با سطح احتمال (P-value) از محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۱ به‌عنوان تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد. مدل آماری طرح به‌صورت زیر بود:

معادله (۱)

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijkl}$$

که در آن، Y_{ijkl} : مقدار عددی هر مشاهده، μ : میانگین جامعه، A_i : اثر سطح i ام فاکتور A مربوط به سطح مکمل امولسیفایر، B_j : اثر سطح j ام فاکتور B مربوط به نوع منبع چربی، C_k : اثر سطح k ام فاکتور C مربوط به سطح چربی در جیره، AB_{ij} : مکمل امولسیفایر \times نوع منبع چربی در جیره، BC_{jk} : نوع منبع چربی در جیره پایه \times سطح چربی در جیره، AC_{ik} : مکمل امولسیفایر \times سطح چربی در جیره، ABC_{ijk} : مکمل امولسیفایر \times نوع منبع چربی \times سطح چربی در جیره و e_{ijkl} : خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

شاخص‌های عملکردی

تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین در جدول ۲ گزارش شده است. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح چربی جیره بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار نبودند، به‌استثنای اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی که بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود (شکل ۱)، به‌طوری‌که جوجه‌های تغذیه شده با جیره بدون مکمل لیزوفسفولیپید و حاوی ۱/۵ درصد چربی کمترین مصرف خوراک را داشتند ($P < 0.05$).

تا ۱۴ روزگی با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. داده‌های انرژی قابل متابولیسم ظاهری منابع چربی از مقاله سالاری و همکاران (۱۳۹۸) که برای روغن سویا ۸۳۶۷، پیه ۶۱۳۴ و مخلوط ۵۰:۵۰ آن‌ها ۶۵۴۷ کیلوکالری بود، برای تنظیم انرژی قابل متابولیسم ظاهری جیره‌های آزمایشی حاوی این منابع چربی استفاده شد.

جهت نمونه‌برداری از قسمت میانی ژژنوم و جمعیت میکروبی سکوم در پایان آزمایش، از هر واحد آزمایشی یک جوجه نر که به میانگین تیمار نزدیک بود، انتخاب و کشتار شد. بخش میانی ژژنوم برای آنالیز ریخت‌شناسی جمع‌آوری شدند و جهت اندازه‌گیری پارامترهای ریخت‌شناسی ژژنوم، از روش توصیف شده به‌وسیله آمره و همکاران (Amerah et al., 2007) استفاده شد. بعد از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین - اتوزین، لام‌ها تهیه و برای بررسی بافت‌های تهیه شده با استفاده از نرم‌افزار ویژه کامپیوتری (CellSens Dimension, Olympus, Tokyo, Japan) قسمت‌های ۱۰ پرز شامل: عرض، ارتفاع، عمق کریبت و قطر لایه پوششی مشخص و سپس با کمک دوربین نصب شده روی میکروسکوپ، عکس‌هایی از محل‌های مورد نظر گرفته شده و با استفاده از نرم‌افزار Epix Xcact فاکتورهای مورد نظر در بافت ژژنوم اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین جمعیت میکروبی لاکتوباسیلوس و اشریشیاکلی در سکوم، از هر یک از جوجه‌های کشتار شده در پایان آزمایش (۱۴ روزگی)، سکوم‌ها از داخل شکم جوجه‌ها خارج و با حرکت آرام انگشت، محتویات آن‌ها خارج شد. محتویات سکومی به داخل قوطی‌های استریل تخلیه و بر روی یخ قرار گرفتند و سپس به سردخانه (۲۰- درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. جهت شمارش تعداد باکتری‌ها یک گرم از محتویات سکومی هر تکرار در نه میلی‌متر آب مقطر، رقیق شد. دو رقت (10^{-1} و سپس 10^{-2}) از این محلول همگن تهیه و هر رقت بر روی محیط کشت مخصوص خود کشت شد. برای شمارش لاکتوباسیلوس و اشریشیاکلی، رقت‌های تهیه شده از آن‌ها به‌ترتیب بر روی محیط کشت مخصوص خود یعنی محیط کشت MRS و به‌مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط بی‌هوازی و محیط کشت EMB به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط هوازی قرار گرفتند (Guban et al., 2006)، تا کلونی‌های لاکتوباسیلوس و اشریشیاکلی فرصت کافی برای رشد کردن داشته باشند. پس از خروج محیط کشت‌ها از انکوباتور، باکتری‌ها به‌وسیله دستگاه Colony Counting شمارش شدند.

از پرنده‌های انتخاب شده هر واحد آزمایشی قبل از کشتار خون-گیری شد. نمونه‌های خون به‌آرامی به لوله‌های شیشه‌ای شماره‌گذاری شده منتقل گردیدند. برای حصول سرم مناسب، این لوله‌ها به‌مدت یک ساعت به‌طور مایل در دمای اتاق قرار گرفتند. سرم خون هر واحد آزمایشی به‌وسیله سمپلر به میکروتیوب‌های ۲/۵ سی‌سی منتقل و

کلر Chlorine (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
پتاسیم Potassium (%) (میلی اکی والان)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
DCAD mEq	230.0	230.0	230.0	230.0	230.0	230.0

^۱ هر یک از شش جیره تهیه شده به دو قسمت مساوی تقسیم و به یک قسمت آن مقدار ۰/۰۲۵ درصد لیزوفسفولیپید اضافه و مخلوط شد تا ۱۲ جیره تهیه شود.

^۲ مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A (ترانس - رتینیل استات)، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_۳ (کوله کلسیفرول)، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (دی ال - آلفا توکوفرل استات)، ۸۰ میلی گرم؛ ویتامین K (منادپون)، ۳/۲ میلی گرم؛ تیامین، ۳/۲ میلی گرم؛ ریوفلاوین، ۸/۶ میلی گرم؛ پیریدوکسین، ۴/۸۶ میلی گرم؛ ویتامین B_{۱۲} (سیانوکوبالامین)، ۰/۰۲ میلی گرم؛ نیاسین، ۶۲/۵۱ میلی گرم؛ پنتوتنیک اسید (دی کلسیم پنتوتنات)، ۸/۶ میلی گرم؛ فولیک اسید، ۲/۲ میلی گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی گرم؛ اتوکسی کوئین (آنتی اکسیدانت)، ۲/۵ میلی گرم. آهن، ۲۰/۳۳ میلی گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی گرم؛ مس، ۱۶ میلی گرم؛ ید، ۱/۲۵۲ میلی گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی گرم؛ ۳۰۰ میلی گرم کولین کلراید (مکمل ویتامینی و معدنی).

^۱ Each of the six diets was divided into two equal portions, with 0.025% lysophospholipid added to one portion, and mixed to make 12 diets.

^۲ Amounts per kilogram diet: vitamin A (Trans Retinyl Acetate), 12500 International units; vitamin D₃ (Cholecalciferol), 5000 International units; vitamin E (tocopheryl acetate), 80 mg; vitamin K₃, 3.2 mg; thiamine, 3.2 mg; riboflavin, 8.6 mg; panthothenic acid, 8.6 mg; pyridoxine, 4.86 mg; B₁₂ Cyanocobalamin, 0.02 mg; niacin, 62.51 mg; biotin, 0.25 mg; folic acid, 2.2 mg; Antioxidant 2.5 mg. ^۳ Mineral premix supplied per kilogram diet: Fe, 20.23 mg; Mn, 120 mg; Zn, 110 mg; Cu, 16 mg; I, 1.252mg; Se, 0.3 mg. Choline chloride, 300 mg (Vitamin and mineral supplements).

(Upadhaya et al., 2017) است که گزارش کردند مکمل کردن جیره با مخلوط امولسیفایر ۰/۰۵ درصد، ۰/۰۷۵ درصد و ۰/۱۰ درصد (سدیم استتاریل - ۲ - لاکتیلات و پلی سوربات ۲۰) سبب افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی به صورت خطی شد. تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که در جیره‌های غذایی با کاهش مواد مغذی، لیزوفسفولیپید می‌تواند که قابلیت هضم و مقادیر انرژی در خوراک را افزایش دهد.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2011) گزارش کردند مکمل لیزوفسفاتیپید کولین باعث افزایش اضافه وزن روزانه جوجه‌های گوشتی بدون توجه به منبع چربی در دوره آغازین شد. این ممکن است مربوط به توانایی لیزوفسفولیپید برای امولسیون بهتر لیپیدهای جیره غذایی و تشکیل لیپوزوم‌های کوچک باشد که با راندمان بالا توسط حیوان جذب می‌شوند (Reynier et al., 1985). این نتایج ممکن است به علت عدم فعالیت لیپاز در فاز آغازین نیز باشد اگر چه افزایش وزن در دوره پایانی ممکن است، مربوط به افزایش فعالیت لیپاز بوده که منجر به افزایش سطح چربی قابل هضم با امولسیفه شدن می‌شود (Guerreiro et al., 2011). مکمل لیزوفسفولیپید با خاصیت آبدوستی در مطالعه ما به‌عنوان یک امولسیفایر چربی در جوجه‌های گوشتی که از جیره‌های حاوی پیه و روغن سویا به‌عنوان منبع تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز تغذیه می‌شدند، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالعات پیشین این انتظار بود که در جوجه‌های جوان در مقایسه با پرندگان مسن‌تر که ظرفیت هضم‌پذیری کمتری برای هضم چربی جیره به‌دلیل سنتز و باز چرخش کم نمک‌های صفراوی دارند (Tancharoenrat et al., 2013)،

در بین اثرات اصلی تنها سطح چربی جیره بر میانگین وزن بدن و افزایش وزن بدن معنی‌دار بود و سطح سه درصد در قیاس با سطح ۱/۵ درصد باعث بهبود وزن بدن و افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). داده‌های اثرات متقابل به‌دلیل عدم معنی‌داری ارائه نشده است ($P > 0.05$).

در این مطالعه، بهبودی در عملکرد جوجه‌های گوشتی با استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید مشاهده نشد. مطابق با نتایج ما، پلیکارپو و همکاران (Polycarpo et al., 2016) گزارش کردند که در ۱۴-۱ روزگی، هیچ اثر متقابلی بین عوامل مورد مطالعه (نوع منبع چربی، با و بدون لیزوفسفولیپید و مکمل اسیدهای آلی) بر عملکرد جوجه‌های گوشتی وجود نداشت. همچنین جمیلی و همکاران (Jamili et al., 2013) اعلام کردند که در دوره‌های مختلف پرورش، اثر متقابل نوع منبع چربی و امولسیفایر (نمک صفراوی و لسیتین) بر هیچ کدام از صفات مرتبط با عملکرد (به‌استثنای مصرف خوراک در دوره آغازین) معنی‌دار نبود. زامپیگا و همکاران (Zampiga et al., 2016) گزارش کردند که تأثیر امولسیفایر در مراحل مختلف تغذیه‌ای از نظر آماری برای کلیه پارامترهای تولیدی در نظر گرفته شده معنی‌دار نبود. ژائو و همکاران (Zhao et al., 2015) تفاوت معنی‌داری در عملکرد تولیدی بچه خوک‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۰/۵ یا یک کیلوگرم در تن امولسیون‌کننده بر پایه لیزوفسفولیپید پیدا نکردند. پلیکارپو و همکاران (Polycarpo et al., 2016) گزارش کردند در طی ۱ تا ۱۴ روزگی هیچ اثر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی با تغذیه لیزوفسفولیپید یافت نشد. طاهر عباس و همکاران (Abbas et al., 2016) نیز گزارش کردند که اثر متقابلی بین چربی و امولسیفایر در دوره آغازین و کل دوره پرورش برای وزن بدن جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد، ولی در دوره پایانی استفاده از مکمل امولسیفایری سبب بهبود وزن بدن شد. نتایج ما بر خلاف بررسی‌های یوپداها و همکاران

جدول ۲- اثر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی سطوح و منابع مختلف چربی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین (۱۴-۱ روزگی)

Table 2- Effect of lysophospholipid supplementation on the performance of broilers in diets containing different levels and sources of fat in the starter period (1-14 days of age)

تیمارها Treatments	میانگین وزن بدن (گرم/پرنده) Body weight (g/b)	میانگین افزایش وزن بدن (گرم/پرنده) Weight gain (g/b)	میانگین مصرف خوراک (گرم/پرنده) Feed intake (g/b)	ضریب تبدیل غذایی (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید ^۱ Emulsifier lysophospholipid				
+	328.33	20.59	28.70	1.39
-	336.64	20.19	29.44	1.39
خطای معیار میانگین‌ها SEM	4.34	0.30	0.34	0.01
منبع چربی ^۲ Source of fat				
روغن سویا Soy oil	334.01	21.00	29.01	1.39
پیه گاوی Tallow	333.12	20.93	29.46	1.41
مخلوط 50:50 Soy oil +tallow (50: 50)	330.33	20.73	28.76	1.29
خطای معیار میانگین‌ها SEM	5.31	0.37	0.42	0.01
درصد چربی جیره ^۳ Fat diet%				
1.5	326.11 ^b	20.43 ^b	28.78	1.41
3	338.86 ^a	21.34 ^a	29.28	1.38
خطای معیار میانگین‌ها SEM	4.34	0.30	0.34	0.01
P-value				
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.18	0.17	0.13	0.94
منبع چربی (B) Fat source	0.87	0.87	0.50	0.66
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.04	0.04	0.40	0.08
A×B	0.82	0.82	0.53	0.09
A×C	0.17	0.16	0.04	0.88
B×C	0.45	0.46	0.78	0.20
A×B×C	0.13	0.12	0.19	0.44

^{a, b} میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ هر میانگین حاصل از ۳۶ مشاهده می‌باشد.

^۲ هر میانگین حاصل از ۲۴ مشاهده می‌باشد.

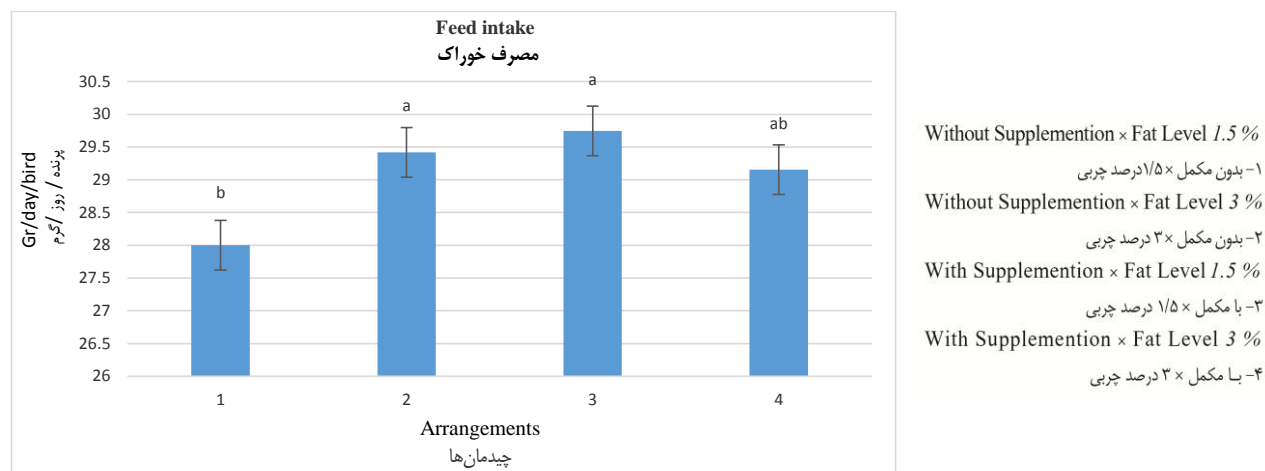
^۳ هر میانگین حاصل از ۳۶ مشاهده می‌باشد.

^{a, b} Means in each column for many effect with uncommon superscript are significantly different ($P < 0.05$).

¹Each mean is the average of 18 observations.

²Each mean is the average of 12 observations.

³Each mean is the average of 18 observations.



شکل ۱- اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در سن ۱-۱۴ روزگی

^{a,b} چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 1- Interactions between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on broiler feed intake during 1-14 days
^{a,b} Column with uncommon superscript are significantly different ($P < 0.05$).
Error bars were plotted based on standard error.

سویا، اسیدهای چرب آزاد سویا و پور چربی پالم) جیره هیچ تأثیر مشخصی بر میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در ۱ تا ۴۲ روزگی نداشت.

از دیگر عوامل مورد بررسی در عملکرد جوجه‌های گوشتی بررسی مصرف خوراک است که در این مطالعه اثرات متقابل و اصلی مکمل لیزوفسفولیپید بر مصرف خوراک جوجه‌ها معنی‌دار نبود، به‌استثنای اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی معنی‌دار بود و استفاده از تیمار حاوی ۱/۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید + ۱/۵ درصد چربی نسبت به تیمار حاوی سطح ۱/۵ درصد از انواع چربی‌ها + بدون مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش مصرف خوراک گردید، همچنین مشخص شده با افزایش سن، نیاز پرند به انرژی افزایش می‌یابد و مصرف خوراک بیشتر می‌شود و می‌توان این احتمال را داد که مکمل‌های لیزوفسفولیپید می‌توانند سبب افزایش انرژی و خوش‌خوراکی جیره دارای چربی افزودنی شوند. همچنین می‌توان گفت عدم تأثیر قرار گرفتن مصرف خوراک با استفاده از امولسیفایر ممکن است مربوط به سطح پایین چربی استفاده شده در جیره باشد که منجر به عدم تأثیر بر گرد و غبار، خوش‌خوراکی و مصرف خوراک (Saleh et al., 2009) و اثر مثبت مکمل را بر اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در سطوح بالاتر چربی جیره دانست. در راستای نتایج ما، زنگنه و همکاران (Zanganeh et al., 2018) اعلام کردند که مصرف خوراک تحت تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره قرار نگرفت. ممکن است عدم تأثیر قرار گرفتن عملکرد جوجه‌های گوشتی توسط مکمل لیزوفسفولیپید به عوامل دیگری مانند دوز نامناسب استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره، سطح پایین انرژی

گنجاندن امولسیفایری مانند لیزوفسفولیپید یا نمک‌های صفراوی در جیره غذایی، به‌طور کلی باعث بهبود هضم و جذب چربی در پرند‌های جوان و تقویت عملکرد تولیدی آن‌ها شود (Maisonnier et al., 2003). بنابراین، با مکمل کردن جیره با یک امولسیفایر مناسب، افزایش بهره‌وری در استفاده از چربی جیره غذایی انتظار می‌رفت. با این وجود، در آزمایش ما با این فرضیات، بهبودی در عملکرد جوجه‌های گوشتی با استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در جوجه‌های جوان مشاهده نشد.

اثر مکمل لیزوفسفولیپید بر بهبود ضریب تبدیل غذایی در مطالعه ما معنی‌دار نبود. نتایج ما با مطالعه گوریرو و همکاران (Guerreiro et al., 2011) مطابق بود که گزارش کردند، اثر متقابل چربی و امولسیفایر در کل دوره بر ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبود. سوبتیک و همکاران (Sobotik et al., 2018) در توافق با نتایج ما گزارش کردند که در پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف فسفاتیدیک اسید (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم فسفاتیدیک اسید) اختلاف معنی‌داری در ضریب تبدیل خوراک آن‌ها تا سن ۴۱ روز وجود ندارد. همین‌طور طاهر عباس و همکاران (Abbas et al., 2016) اعلام کردند که مکمل امولسیفایر در دوره آغازین و کل دوره پرورش بر ضریب تبدیل غذایی مؤثر نبود، اما در دوره پایانی پرورش معنی‌دار بود. افزایش سطح چربی جیره تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل غذایی در دوره پایانی و کل دوره نداشت، ولی در دوره آغازین ضریب تبدیل غذایی با افزایش سطح چربی افزایش یافت (Abbas et al., 2016). الهیاری و همکاران (Allahyari et al., 2017) گزارش کردند که منبع چربی (روغن

جیره آزمایشی (۲۸۴۵ کیلوکالری در کیلوگرم جیره)، استفاده از سه عامل در طرح آزمایشی و جمعیت کم پرنده‌ها در هر تیمار که باعث ترکیب شدن (کامپوند) اثرات شده است، ارتباط داشته باشد.

جدول ۳- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح آن در جیره بر متغیرهای ریخت‌شناختی ژژنوم جوجه‌های گوشتی در روز چهاردهم
Table 3- Effect of lysophospholipid supplementation, source and level of fat in diet on morphological variables in jejunum of broiler chick at 14 day of age

تیمارها Treatments	ارتفاع پرز Villus height (μm)	عرض پرز Willie width (μm)	قطر لایه پوششی Thickness of cover layer (μm)	عمق کریپت Crypt depth (μm)	ارتفاع پرز: عمق کریپت Villus height: crypt depth
امولسیفایر لیزوفسفولیپید ^۱ Emulsifier lysophosphlipi					
+	839.13	160.33	47.44	226.00	3.96
-	894.33	155.11	50.55	209.22	4.38
خطای معیار میانگین‌ها SEM	26.36	8.20	1.94	9.88	0.23
منبع چربی ^۲ Source of fat					
روغن سویا Soy oil	936.18	158.33	52.66	219.33	4.42
پیه گاوی Tallow	845.00	155.50	49.16	218.83	3.97
مخلوط 50: 50 Soy oil +tallow (50: 50)	826.00	159.33	45.16	214.64	4.19
خطای معیار میانگین‌ها SEM	34.24	10.04	2.38	12.11	0.30
درصد چربی جیره ^۳ Fat diet%					
1.5	812.94 ^b	158.78	46.44	211.56	3.92
3	923.76 ^a	156.67	51.55	223.63	4.45
خطای معیار میانگین‌ها SEM	27.44	8.20	1.94	1.88	0.24
P- value					
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.14	0.65	0.26	0.24	0.22
منبع چربی (B) Fat source	0.07	0.96	0.10	0.95	0.66
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.02	0.85	0.07	0.39	0.14
A×B	0.18	0.84	0.36	0.08	0.36
A×C	0.33	0.04	0.08	0.68	0.68
B×C	0.27	0.58	0.98	0.55	0.92
A× B×C	0.28	0.37	0.77	0.32	0.26

^{a, b} میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^۲ هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

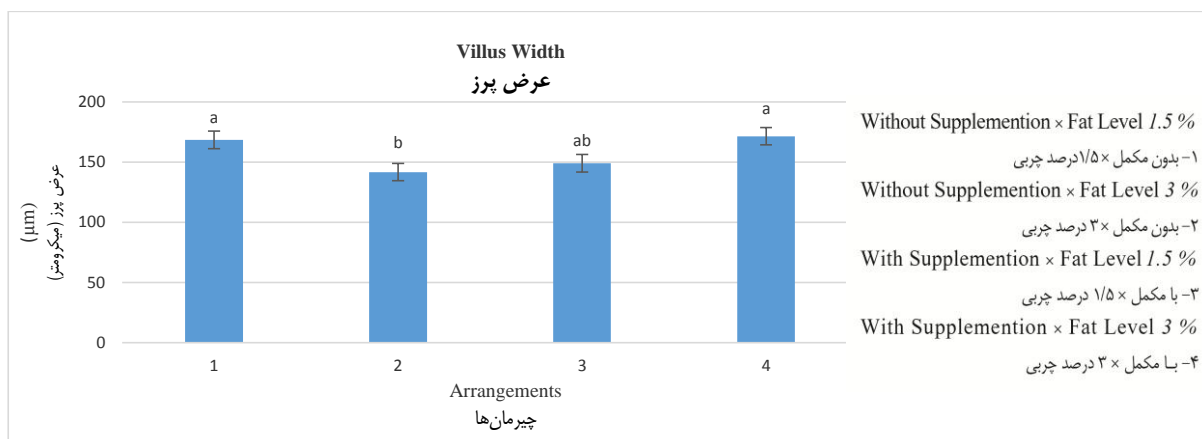
^۳ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^{a, b} Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different ($P < 0.05$).

^۱ Each mean is the average of 18 observations.

^۲ Each mean is the average of 12 observations.

^۳ Each mean is the average of 18 observations.



شکل ۲- اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر عرض پرز ناحیه ژژنوم روده کوچک جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی^{a,b} چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).
نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 2- Interactions between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on jejunal villus width in broiler chicks at 14 d of age

^{a,b} Column with uncommon superscript ars significantly different ($P < 0.05$).
Error bars were plotted based on standard error.

ریخت‌شناسی ژژنوم روده کوچک

روده باریک بیشتر می‌شود. در جریان مهاجرت انتروسیت‌ها به‌طرف رأس پرز، این سلول‌ها بالغ می‌شوند. مهاجرت انتروسیت‌ها به‌سمت رأس پرز با از بین رفتن آن‌ها در اثر ریزش و فرسایش مرتبط است (Denbow, 2000). چن و همکاران (Chen et al., 2019) هیچ اثر متقابلی هنگام استفاده جیره‌های با کاهش سطح انرژی و سطوح امولسیفایر (۰، ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۰۷۵ درصد) در ریخت‌شناسی روده کوچک جوجه‌های هفت روزه مشاهده نکردند. آن‌ها اعلام کردند که در جوجه‌های گوشتی هفت روزه، اثر مکمل لیزوفسفولیپید در سطح ۰/۰۵ یا ۰/۰۷۵ درصد باعث کاهش عمق کریپت در دوازدهه و افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در مقایسه با شاهد شد که با نتایج ما هم‌خوانی ندارد. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که استفاده از ۰/۰۲۵ یا ۰/۰۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید ارتفاع پرز را در ژژنوم در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد.

افزایش ارتفاع پرز ژژنوم و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت حاکی از افزایش سطح روده برای جذب مواد مغذی است و متقابلاً منجر به افزایش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (Hosoyamada et al., 2007). عمق کریپت زیادتیر، میزان بالاتری از بازچرخش (ترن‌آور) سلول‌های اپیتلیال را در حین التهاب یا ته‌اجم پاتورژن نشان می‌دهد، که نیازمند هزینه نگهداری بالاتر است، در نتیجه عملکرد رشد را کاهش می‌دهد. تغییر ریخت‌شناسی روده می‌تواند توسط استرس‌های مختلف، از جمله سطح مواد مغذی و مواد افزودنی خوراکی ایجاد شود.

تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر متغیرهای ریخت‌شناسی ژژنوم در سن ۱۴ روزگی در جدول ۳ نشان داده شده است. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع به عمق کریپت معنی‌دار نبودند. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی جیره بر عرض پرز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید و سطح سه درصد چربی نسبت به چیدمان‌های دیگر بیشترین عرض پرز را داشت (شکل ۲). اثر سطح چربی افزوده شده به جیره بر ارتفاع پرز معنی‌دار بود و استفاده از سطح سه درصد سبب افزایش ارتفاع پرز نسبت به سطح ۱/۵ درصد چربی شد ($P < 0.05$).
بر خلاف بررسی ما، جمیلی و همکاران (Jamili et al., 2013) بیان کردند ارتفاع پرزها در دوازدهه پرندگان دریافت‌کننده لسیتین و طول پرز در ژژنوم پرندگان دریافت‌کننده نمک‌های صفراوی در مقایسه با گروه فاقد امولسیفایر بیشتر بود. افزایش ارتفاع پرز می‌تواند بهبود ضریب تبدیل در جیره حاوی نمک صفراوی و افزایش وزن بالاتر در جیره‌های دارای لسیتین در مقایسه با گروه فاقد امولسیفایر را توجیه کند. از طرف دیگر، ارتفاع پرزها در دوازدهه بلندتر از ژژنوم و در ژژنوم بلندتر از ایلئوم بود که خود بیانگر نقش مهم دوازدهه در جذب مواد مغذی است (Jamili et al., 2013). در اوایل زندگی جوجه‌های گوشتی، بیشترین مقدار جذب مواد مغذی در دوازدهه صورت می‌گیرد و با افزایش سن در ژژنوم بیشتر گسترش می‌یابد (Yamauchi et al., 2002). در حقیقت، ارتفاع پرز با ظرفیت جذب انتروسیت‌ها ارتباط دارد. هرچه ارتفاع پرزها بیشتر باشد، ظرفیت جذبی

جدول ۴- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، سطح چربی و منبع آن در جیره بر ترکیب لیپیدهای سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

Table 4- Effect of lysophospholipid supplementation, source and level of fat in diet on serum lipid composition in broiler chicks at 14 day of age

تیمارها Treatments	تری‌گلیسرید Triglyceride (mg/dl)	کلسترول Cholesterol (mg/dl)	لیپوپروتئین با چگالی بالا HDL (mg/dl)	لیپوپروتئین با چگالی پایین LDL (mg/dl)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید ^۱ Emulsifier lysophospholipid				
+	85.17 ^b	153.89	79.22	62.94
-	111.39 ^a	161.39	76.05	57.66
خطای معیار میانگین‌ها SEM	7.69	8.73	4.87	5.44
منبع چربی ^۲ Source of fat				
روغن سویا Soy oil	98.25	172.67 ^a	90.75 ^a	62.25
پیه گاوی Tallow	99.58	132.00 ^b	62.50 ^b	49.58
مخلوط 50:50 Soy oil +tallow (50: 50)	97.00	168.25 ^a	79.66 ^{ab}	69.08
خطای معیار میانگین‌ها SEM	9.42	10.69	5.96	6.42
درصد چربی جیره ^۳ Fat diet%				
1.5	92.44	158.67	80.11	60.05
3	104.11	156.61	75.16	60.55
خطای معیار میانگین‌ها SEM	7.69	8.73	4.87	5.24
P- Value				
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.02	0.54	0.65	0.48
منبع چربی (B) Fat source	0.98	0.02	0.009	0.11
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.29	0.86	0.48	0.94
A×B	0.22	0.12	0.58	0.04
A×C	0.01	0.36	0.67	0.06
B×C	0.34	0.09	0.34	0.13
A×B×C	0.99	0.83	0.93	0.65

^{a, b} میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^۲ هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

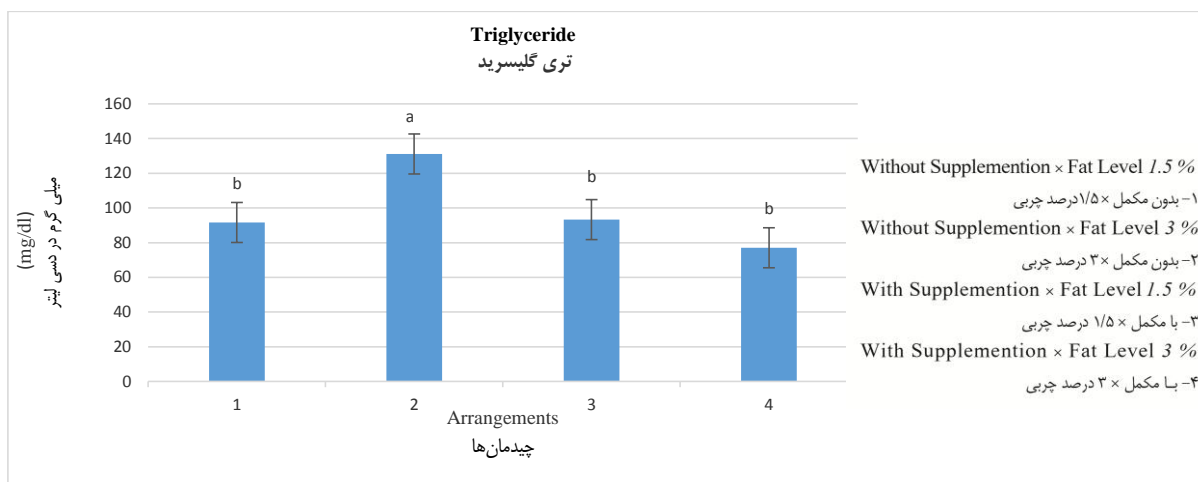
^۳ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^{a, b} Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different ($P < 0.05$).

¹Each mean is the average of 18 observations.

²Each mean is the average of 12 observations.

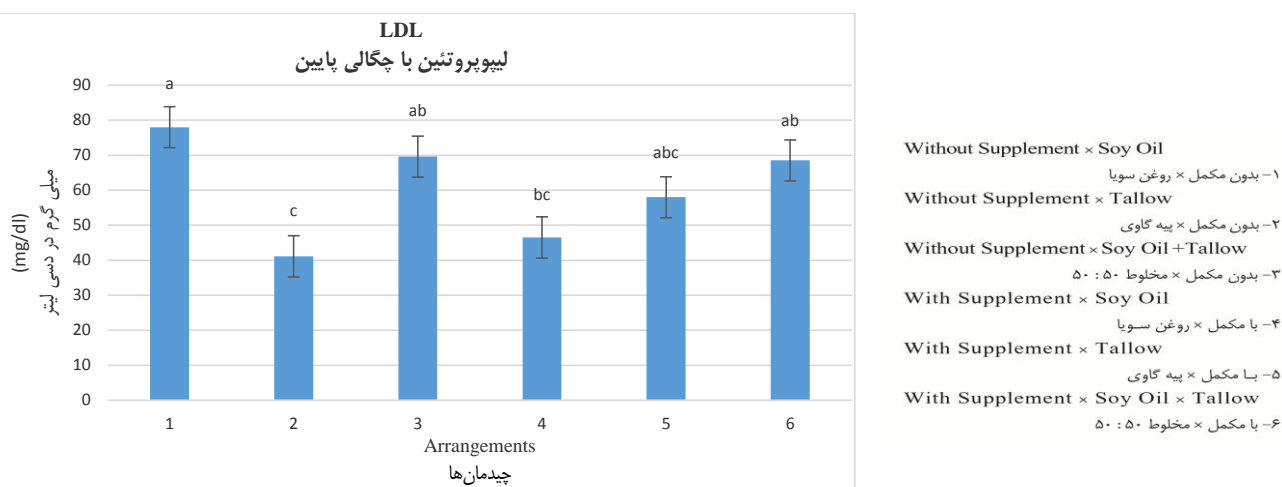
³Each mean is the average of 18 observations.



شکل ۳- اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).
 نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 3- Interaction between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on serum triglyceride levels in broiler chicks at 14 d of age

^{a,b} Column with uncommon superscript are significantly different ($P < 0.05$).
 Error bars were plotted based on standard error.



شکل ۴- اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).
 نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 4- Interaction between lysophospholipid supplementation and dietary fat source on serum LDL levels of broiler chicks at 14 d of age

^{a,b,c} Column with uncommon superscript are significantly different ($P < 0.05$).
 Error bars were plotted based on standard error.

که بدون استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید و سه درصد چربی نسبت به سطح سه درصد چربی ولی دارای مکمل لیزوفسفولیپید و همچنین نسبت به سایر چیدمان‌ها دارای میزان تری‌گلیسرید بیشتری بود (شکل ۳). در بین سایر اثرات متقابل مورد بررسی تنها اثر مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در سن ۱۴ روزگی معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

ترکیب لیپیدهای سرم خون

نتایج مربوط به تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر ترکیب لیپیدهای خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی اثرات متقابل نشان داد که اثر مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود ($P < 0.05$), به این صورت

کل سرم همان‌طور که بخش روغن سویا در مخلوط افزایش یافته بود، به‌طور خطی کاهش یافته است. از طرف دیگر، برخلاف اثرات متقابل بررسی ما، فاسینا و همکاران (Fascina et al., 2009) گزارش کردند که سطح LDL و VLDL هنگامی که سطح روغن سویا در جیره افزایش می‌یابد، به‌طور خطی کاهش یافته است، این نشان می‌دهد که منابع چربی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع باعث کاهش میانگین سطح این لیپوپروتئین‌ها می‌شوند، که از توسعه بیماری تصلب شریان در انسان و حیوان جلوگیری می‌کند. این داده‌ها مطابق با یافته‌های کرسو و استیو گارسیا (Crespo & Esteve-Garcia, 2003) است که کاهش سطح VLDL در پرندگان تغذیه شده از روغن آفتابگردان یا کتان را نسبت به آن‌هایی که با پیه تغذیه شدند، مشاهده کردند.

جمعیت میکروبی سکوم

نتایج اثر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی در جدول ۵ نشان داده شده است. اثرات متقابل سه‌تایی و دوتایی تأثیر معنی‌داری بر جمعیت لاکتوباسیلوس و اشریشیاکلی سکوم جوجه‌های گوشتی نداشتند مکمل لیزوفسفولیپید بطور معنی‌داری باعث افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس در سکوم جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). افزودن سه درصد چربی به جیره، سبب کاهش معنی‌دار جمعیت باکتری اشریشیاکلی شد.

پلیکارپو و همکاران (Polycarpo et al., 2016)، هیچ‌گونه رشدی در کل انتروباکتری‌ها در نمونه‌های ژرژنوم هنگام تغذیه لیزوفسفولیپید در ۱۴ روزگی مشاهده نکردند. آن‌ها همچنین گزارش دادند اثر متقابلی بین منابع لیپیدی (روغن سویا و پیه گوساله) و مکمل لیزوفسفولیپید (صفر و یک کیلو در تن) بر کوکسیدی‌های گرم مثبت پیدا نشد. با این وجود، حضور لیزوفسفولیپید باعث کاهش تعداد کوکسی‌های گرم مثبت در ژرژنوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی پیه شده و همچنین تغذیه لیزوفسفولیپید منجر به نتایج مشابه با جیره حاوی روغن سویا شد که کل ریزجانداران بی‌هوازی در مقادیر کمتری بودند. تعداد باکتری‌های نمونه‌های ژرژنوم نشان می‌دهد که تغذیه لیزوفسفولیپید در رژیم‌های حاوی پیه نیز مؤثر می‌باشد و تأثیر منفی مقدار بالای اسیدهای چرب اشباع در پیه بر تعداد کوکسی‌های گرم مثبت را به حداقل می‌رساند. این کاهش را می‌توان با اثر ضد میکروبی لیزوفسفولیپید توضیح داد، که ممکن است از دو طریق اتفاق بیفتد (Polycarpo et al., 2016).

به‌طوری‌که بدون استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید ولی با روغن سویا به جیره میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در قیاس با سایر چیدمان‌ها افزایش معنی‌دار داشت (شکل ۴). مکمل لیزوفسفولیپید به جیره باعث کاهش معنی‌دار میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). استفاده از منابع چربی مختلف نشان داد که روغن سویا نسبت به پیه‌گاو باعث افزایش معنی‌دار میزان کلسترول و HDL سرم خون جوجه‌های گوشتی گردید.

جونز و همکاران (Jones et al., 1992) نتیجه گرفتند که افزایش انرژی در جیره باعث افزایش تولید کلسترول در سلول‌های محیطی بدن می‌شود. HDL سبب انتقال برگشتی کلسترول به کبد می‌گردد، آنزیم لسیتین - کلسترول آسپل ترانسفراز یک اسید چرب را از لسیتین جدا و آن را با کلسترول استریفه می‌کند، بنابراین استر کلسترول را ایجاد می‌کند که در HDL محلولیت دارد. HDL کلسترول آزاد اضافی را از سلول‌های محیطی دریافت و آن‌ها را برای تجزیه به کبد منتقل می‌کند (Jones et al., 1992)، بنابراین با افزایش سطح انرژی در جیره، کبد برای جلوگیری از افزایش سطح کلسترول سرم خون و انتقال دادن آن‌ها به کبد برای تجزیه شدن، مقدار بیشتری از HDL را سنتز می‌کند. پس می‌توان احتمال داد که افزایش کلسترول هنگام استفاده از روغن سویا باعث افزایش تولید HDL شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که احتمالاً اثر لیزوفسفولیپید بر ترکیب لیپیدی سرم جوجه‌های گوشتی ممکن است در دوره آغازین بیشتر باشد و میزان تری‌گلیسرید سرم را کاهش دهد. جونز و همکاران (Jones et al., 1992) اظهار داشتند که سرعت جذب سریعتر و متابولیسم چربی مصرف شده می‌تواند دلیل پایین آمدن تری‌گلیسرید سرم در لسیتین‌های تغذیه شده توسط خوک باشد. مکانیسم احتمالی ممکن است این باشد که کیلومیکرون‌ها با سرعت بیشتری از خون پاک شده یا با سرعت کمتری در خون ترشح شوند. برای یافتن مکانیسم مؤثر امولسیفایرها بر ترکیبات سرم خون، باید مطالعات بیشتری انجام شود.

برخلاف بررسی ما، غلظت کلسترول کل در جیره حاوی سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در مقایسه با تیمارهای بدون مکمل در ۴۲ روزگی پایین‌تر بود (Malapure et al., 2011). ژائو و همکاران (Zhao et al., 2017) گزارش کردند، غلظت LDL، کلسترول کل و تری‌گلیسرید با مصرف مکمل لیزوفسفولیپید در ۱۴ روزگی کاهش یافته است. برخلاف نتایج ما، روی و همکاران (Roy et al., 2010) نشان دادند که گلیسرول پلی اتیلن گلیکول ریسینولات در غلظت ۱ درصد و ۲ درصد باعث کاهش LDL و کلسترول کل می‌شود. فاسینا و همکاران، (Fascina et al., 2009) گزارش کردند سطح کلسترول

جدول ۵- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، سطح چربی و منبع آن در جیره بر جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

Table 5- Effect of lysophospholipid supplementation source and level of fat in diet on the microbial population in broiler ceca at 14 day of age

تیمارها Treatments	لاکتوباسیلوس <i>Lactobacillus</i> (Log10cfu/gr)	اشریشیا کلی <i>E-coli</i> (Log10cfu/gr)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید ^۱ Emulsifier lysophosphlipid ¹		
+	7.95 ^a	4.57
-	7.53 ^b	4.20
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.11	0.15
منبع چربی ^۲ Source of fat		
روغن سویا Soy oil	7.73	4.41
پیه گاوی Tallow	7.87	4.17
مخلوط 50: 50 Soy oil +tallow (50: 50)	7.61	4.57
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.13	0.19
درصد چربی جیره ^۳ Fat diet%		
1.5	7.69	4.67 ^a
3	7.79	4.10 ^b
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.11	0.15
P- value		
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.01	0.10
منبع چربی (B) Fat source	0.42	0.35
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.52	0.01
A×B	0.47	0.31
A×C	0.24	0.96
B×C	0.43	0.86
A×B×C	0.81	0.17

^{a, b} میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<0.05).

^۱ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^۲ هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

^۳ هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

^{a, b} Means in each column for many effect with uncommon superscript are significantly different (P < 0.05).

¹ Each mean is the average of 18 observations

² Each mean is the average of 12 observations

³ Each mean is the average of 18 observations

(Coonrod *et al.*, 1983). علت دوم مربوط به استفاده بیشتر از پیه است که منجر به کاهش مقادیر سوبسترا در لومن روده می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که لیزوفسفولیپید می‌تواند در کاهش میزان

لیزوفسفولیپید ممکن است مستقیماً روی ریزجانداران گرم مثبت با تغییر نفوذپذیری غشای سلولی عمل کرده و منجر به آسیب در یکپارچگی غشای باکتری‌ها از طریق عدم تعادل یونی شوند

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش معنی‌دار جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها، عرض پرزها و کاهش تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی گردید، اما با توجه به تحت تأثیر قرار نرفتن عملکرد و سایر پارامترهای مورد بررسی با افزودن مکمل لیزوفسفولیپید با قاطیعت نمی‌توان گفت که استفاده از این مکمل تحت شرایط این آزمایش می‌تواند بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی مؤثر باشد.

متابولیت‌های کاهنده رشد تولید شده توسط باکتری‌های گرم مثبت مؤثر باشد، که این یکی از عوامل مفید متناسب به استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها است (Huyghebaert *et al.*, 2011). تأثیر لیزوفسفولیپید بر میکروبیوتای روده جوجه‌های گوشتی در تحقیقات بیشتری نشان داده شده است، خصوصاً برای ریزجانداران خاصی مانند/نتروکوک فاسیوم و کلستریدیوم پرفرنترنس که در هضم لیپیدها فعالیت دارند (Knarreborg *et al.*, 2002).

References

1. Abbas, M. T., Arif, M., Saeed, M., Reyad-ul-Ferdous, M., Hassan, M. A., Arain, M. A., & Rehman, A. (2016). Emulsifier effect on fat utilization in broiler chicken. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 158-167. <https://doi.org/10.3923/ajava.2016.158.167>.
2. Allahyari-Bake, S., & Jahanian, R. (2017). Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient digestibility in broilers fed corn/soybean meal- or corn/wheat/soybean meal-based diets. *Poultry Science*, 96, 1149-1158. <https://doi.org/10.3382/ps/pew330>.
3. Al-Marzooqi, W., & Leeson, S. (1999). Evaluation of dietary supplements of lipase, detergent, and crude porcine pancreas on fat utilization by young broiler chicks. *Poultry Science*, 78, 1561-1566. <https://doi.org/10.1093/ps/78.11.1561>.
4. Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R. G., & Thomas, D. G. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance energy utilisation, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86, 2615-2623. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00212>.
5. Arouri, A. & Mouritsen, O. G. (2013). Membrane-perturbing effect of fatty acids and lysolipids. *Progress in Lipid Research*, 52, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2012.09.002>.
6. Azman, M. A., & Ciftci, M. (2004). Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue de Medecine Veterinaire*, 155, 445-448.
7. Blanch, A., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., Serrano, X., & Puchal, F. (1996). Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*, 61, 335-342. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00931-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00931-0).
8. Chen, C., Jung, B., & Kim, W. (2019). Effects of lysophospholipid on growth performance, carcass yield, intestinal development, and bone quality in broilers. *Poultry Science*, 98, 3902-3913. <https://doi.org/10.3382/ps/pez111>.
9. Choct, M., & Annison, G. (1992). The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British Journal of Nutrition*, 67, 123-132. <https://doi.org/10.1079/BJN19920014>.
10. Coonrod, J. D., & Yoneda, K. (1983). Detection and partial characterization of antibacterial factor(s) in alveolar lining material of rats. *Journal of Clinical Investigation*, 71, 129-141. <https://doi.org/10.1172/JCI110741>.
11. Crespo, N., & Esteve-Garcia, E. (2003). Polyunsaturated fatty acids reduce insulin and very low density lipoprotein levels in broiler chickens. *Poultry Science*, 82, 1134-1139. <https://doi.org/10.1093/ps/82.7.1134>.
12. Denbow, D. M. (2000). *Gastrointestinal Anatomy and Physiology*. *Sturkie's Avian Physiology*. Academic Press, 343-368. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00014-2>.
13. Fascina, V., Carrijo, A., Souza, K., Garcia, A., Kiefer, C., & Sartori, J. R. (2009). Soybean oil and beef tallow in starter broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11, 249-56. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000400006>.
14. Guban, J., Korver, D. R., Allison, G. E., & Tannock, G. W. (2006). Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poultry Science*, 85, 2186-2194. <https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2186>.
15. Guerreiro Neto, A. C., Pezzato, A. C., Sartori, J. R., Mori, C., Cruz, V. C., Fascina, V. B., Pinheiro, D. F., Madeira, L. A., & Gonçalves, J. C. (2011). Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13, 119-125.

16. Hashemi, R. & Jafari Ahangari, Y. (2005). Blood Parameters in Poultry. First edition of the Publication Hammihanqom, Qom, Iran. 142p (In Persian)
17. Hosoyamada, Y., & Sakai, T. (2007). Mechanical components of rat intestinal villi as revealed by ultrastructural analysis with special reference to the axial smooth muscle cells in the villi. *Archives of Histology Cytology*, 70, 107-116. <https://doi.org/10.1679/aohc.70.107>.
18. Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*, 187, 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003>.
19. Jamily, F., Shariatmadari, F., & Karimi Torshizi, A. (2013). Effect of lecithin and bile salt on yield, nutrient digestibility and intestinal morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Production*. 15(2), 117-26. (In Persian)
20. Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J. M., Gonzalez-Serrano, A., Lazaro, R., & Mateos, G. G. (2009). Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poultry Science*, 88, 2562-2574. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00179>.
21. Jones, D. B., Hancock, J. D., Harmon, D. L., & Walker, C. E. (1992). Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 70, 3473-3482. <https://doi.org/10.2527/1992.70113473x>.
22. Joshi, A., Paratkar, S. G., & Thorat, B. N. (2006). Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 363-373. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600016>.
23. Katongole, J. B. D., & March, B. E. (1980). Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poultry Science*, 59, 819-827. <https://doi.org/10.3382/ps.0590819>.
24. Ketels, E., & De Groote, G. (1989). Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. *Poultry Science*, 68, 1506-1512. <https://doi.org/10.3382/ps.0681506>.
25. Knarreborg, A., Engberg, R. M., Jensen, S. K., & Jensen, B. B. (2002). Quantitative determination of bile salt hydrolase activity in bacteria isolated from the small intestine of chickens. *Applied Environmental Microbiology*, 68, 6425- 6428. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.6425-6428.2002>.
26. Kragdahl, A. S. (1985). Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition*, 102, 178-185. <https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675>.
27. Leeson, S., & Summers, J.D. (2001). Scott's Nutrition of the Chicken, 4th ed. (Guelph, Ontario, University Books. 608p.
28. Maisonnier S, Gomez, J., Bree, A., Berri, C., Baeza, E., & Carre, B. (2003). Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. *Poultry Science*, 82, 805-814. <https://doi.org/10.1093/ps/82.5.805>.
29. Malapure, C. D., Kawitkar, S., Deshmukh, B. G. B., Bendale, L. N., & Patankar, R. B. (2011). Influence of dietary supplementation of phospholipids and lysophospholipids on performance of broilers. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 28, 316-319.
30. Melegy, T., Khaled, N. F., El-Bana, R., & Abdellatif, H. (2010). Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 2886-2892.
31. Nir, I., Nitsan, Z., & Mahagna, M. (1993). Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *British Poultry Science*, 34, 523-532. <https://doi.org/10.1080/00071669308417607>
32. Nitsan, Z., Ben-Avraham, G., Zoref, Z., & Nir, I. (1991). Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *British Poultry Science*, 32, 515-523. <https://doi.org/10.1080/00071669108417376>
32. Neto, A. C. G., Pezzato, A. C., Sartori, J. R., Mori, C., Cruz, V. C., Fascina, V. B., Pinheiro, D. F., Madeira, L. A., & Goncalvez, J. C. (2011). Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13, 119-125.
33. Noy, Y., & Sklan, D. (1995). Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*, 74, 366-373. <https://doi.org/10.3382/ps.0740366>.
34. Polycarpo, G. V., Burbarelli, M. F. C., Carao, A. C. P., Merseguel, C. E. B., Dadalt, J. C., Maganha, S. R. L., Sousa, R. L. M., Cruz-Polycarpo, V. C., & Albuquerque, R. D. (2016). Effects of lipid sources, lysophospholipids and

- organic acids in maize-based broiler diets on nutrient balance, liver concentration of fat-soluble vitamins, jejunal microbiota and performance. *British Poultry Science*, 57, 788-798. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1219019>.
35. Polin, D., Wing, T.L., Ki, P., & Pell, K. E. (1980). The effect of bile acids and lipase on absorption of tallow in young chicks. *Poultry Science*, 59, 2738-2743. <https://doi.org/10.3382/ps.0592738>.
36. Reynier, M. O., Lafont, H., Crotte, C., Sauve, P., & Gerolami, A. (1985). Intestinal cholesterol uptake: Comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. *Lipids*, 20, 145-150. <https://doi.org/10.1007/BF02534246>.
37. Roy, A., Haldar, S., Mondal, S., & Ghosh, T. P. (2010). Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary Medicine International*, 1-9. <https://doi.org/10.4061/2010/262604>.
38. Salari, A., Golian, A., & Hassanabadi, A. (2020). Added value (matrix) of Lysophospholipids Supplementation on Metabolizable Energy of Different Fat Sources and Digestible Nutrients of Corn-Soybean Meal Diet in Broiler Chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 12(4), 513-528 (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijasr2022.38275.0>.
39. Saleh, H., Rahimi, S., & Torshizi, M. A. K. (2009). The effect of diet that contained fish oil on performance, serum parameters, the immune system and the fatty acid composition of meat in broilers. *International Journal of Veterinary Research*, 3, 69-75.
40. Sobotik, E., Lee, J., Hagerman, S., & Archer, G. (2018). Evaluation of the use of phosphatidic acid in the diet on growth performance and breast meat yield in broilers. *Animals*, 8, 87. <https://doi.org/10.3390/ani8060087>.
41. Tancharoenrat, P., Ravindran, V., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2013). Influence of age on the apparent metabolizable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal of Feed Science and Technology*, 186, 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013>.
42. Tamblyn, K. C., & Conner, D. E. (1997). Bactericidal activity of organic acids in combination with transdermal compounds against *Salmonella typhimurium* attached to broiler skin. *Food Microbiology*, 14, 477-484. <https://doi.org/10.1006/fmic.1997.0112>.
43. Upadhaya, S. D., Lee, J. S., Jung, K. J., & Kim, I. H. (2017). Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 97, 255-261. <https://doi.org/10.3382/ps/pex303>.
44. Van Nieuwenhuyzen, W., & Tomas, M. C. (2008). Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 472-486. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800041>.
45. Xing, J. J., van Heugten, E., Li, D. F., Touchette, K. J., Coalson, J. A., Odgaard, R. L., & Odle, J. (2004). Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. *Journal of Animal Science*, 82, 2601-2609. <https://doi.org/10.2527/2004.8292601x>.
46. Yamauchi, K. (2002). Review on chicken intestinal villus histological alterations related with intestinal function. *Poultry Science*, 39, 229-242. <https://doi.org/10.2141/jpsa.39.229>.
47. Zampiga, M., Meluzzi, A., & Sirri, F. (2016). Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 15, 521-528. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1192965>.
48. Zanganeh, S., Turki, Elihian M., & Abdolmohammadi, A. (2018). Effect of edible supplementation of lysophospholipids (lysolecithin) and vitamin C in the last period on yield, carcass characteristics and immune response of broilers under heat stress and normal temperature. *Journal of Animal Science*, 119, 155-68. (In Persian) [10.22092/ASJ.2017.115146.1516](https://doi.org/10.22092/ASJ.2017.115146.1516).
49. Zhang, B., Haitao, L., Zhao, D., Guo, Y., & Barri, A. (2011). Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Animal Feed Science and Technology*, 163, 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.10.004>.
50. Zhao, P. Y., & Kim, H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*, 96, 1341-1347. <https://doi.org/10.3382/ps/pew469>.
51. Zhao, P. Y., Li, H. L., Hossain, M. M., & Kim, I. H. (2015). Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.007>.
52. Zuhri, M. A. (2010). Principles of poultry farming. University of Tehran Publications, 17th Edition, Tehran, Iran. 480p. (In Persian)



The effect of Dietary L-carnitine on Semen Quality Parameters and Gonadosomatic and Hepatosomatic Indexes in Broiler Breeder Roosters

Vahid Mohammadi¹, Seyed Davood Sharifi^{2*}, Mohsen Sharafi³, Abdollah Mohammadi-Sangcheshmeh⁴

Received: 20-07-2020

Revised: 05-12-2021

Accepted: 12-01-2022

Available Online: 12-01-2022

How to cite this article:

Mohammadi, V., Sharifi, S.D., Sharafi, M., & Mohammadi-Sangcheshmeh, A. (2023). The effect of dietary L-carnitine on semen quality parameters and gonadosomatic and hepatosomatic indexes in broiler breeder. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 583-592.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.38308.0](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.38308.0)

Introduction Rooster's reproductive performance is an indispensable component of breeder production because it plays a vital role in the maximum production of fertilized eggs. Existence feed supplement in the poultry industry, intermediary metabolites have been including in the diet to improve fertility and reproductive outcomes. Carnitine (β -hydroxy- γ -trimethylaminobutyrate), vitamin-like-amino acid, is a quaternary ammonium compound, that has multifunctional roles in reproduction. High concentrations of L-carnitine (LC) are present in epididymal lumen, where it participates in sperm energy balance and the maturation of spermatozoa. In light of previously reported breeder birds supplemented with dietary LC have shown improvements in semen traits and fertility parameters. The present study is an attempt to investigate the effects of several levels of dietary LC supplementation on semen quality parameters and gonadosomatic and hepatosomatic indexes at maturity and production peak.

Materials and Methods For the present experiment, thirty-six Ross (12-week-old) breeder broilers were used for 22 weeks in a completely randomized design with three treatments (0, 250 and 500 mg L-carnitine in kg of diet) and twelve replications. All roosters were fed standard isocaloric (2754 kcal/kg) and isonitrogenous diet (12 % protein). The birds for 22 weeks in a completely randomized design with three treatments (0, 250 and 500 mg / kg of LC in the diet) and six replications were used. During the adaptation period (21-24 weeks of age), the roosters were trained by abdominal massage for semen collection. After the experimental period was commenced (24 weeks of age), semen samples were collected and evaluated for seminal attributes every two weeks (from week 24 to week 34). The following parameters were determined immediately after the semen collection; to measure the semen samples were collected weekly to evaluate semen volume, total motility, membrane functionality, mitochondria activity parameters. Also, to determine gonadosomatic and hepatosomatic indexes at 24 and 34 weeks of age, six birds in each treatment weighing then were slaughtered and immediately the testes and liver were removed and weighed.

Results and Discussion The highest sperm motility (96.60%) was observed in birds fed 250 mg LC ($P < 0.04$). By increasing the level of LC in the diet, sperm membrane functionality improved linearly (6.8% increase compared to control) ($P < 0.04$). A linear trend ($P = 0.06$) was observed in mitochondrial activity with increasing levels of LC in the diet (69.31, 72.00 and 76.25). LC plays an essential role in energy metabolism by carrying over fatty acids in the mitochondria matrix for β -oxidation producing energy. Therefore, it provides a

1- Ph.D, Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: sdsharifi@ut.ac.ir

better supply of energy for spermatogenesis and normal physiology of sperm, are presumably improved by an optimum level of LC, as a result, sperm concentration and live. These data provide evidence that LC can be effectively used in diets up to 500 mg/kg of diet or 30 mg/kg of body weight /day for semen improvements of rooster's breeder. At 24 weeks of age, the changes in gonadosomatic index (0.55, 0.68 and 0.64) were affected by different levels of LC ($P < 0.01$). During testis development in the chicken (from 2 to 15 weeks of age), there is no significant increase in testicular weight, however, the early stage is the most important period for testicular development. The mature testis has seminiferous tubules with a multilayered epithelium representing the different stages of spermatogenesis. Sexual maturity is associated with the highest testes weight and consequently with the highest plasma concentration of reproductive hormones. Gonads of the mature male broiler breeder are organized into separate, comfortably discernible cellular correlations and functional compartments. It has been accepted that steroid hormones biosynthesis and generation of spermatozoa are two major actions that the testicles fundamentally carry out. The improvements in gonadosomatic Index of roosters observed in this study in response to dietary LC may be attributed, at least partly, due to improved utilization of dietary nitrogen, achieved through more efficient fat oxidation by LC. Testicles contain the seminiferous tubules and the interstitial space. Seminiferous tubules are the functional elements of the testis and sertoli cells are the principal structural basis of the seminiferous epithelium, inhabiting on the substratum membrane.

Conclusion The addition of 250 and 500 mg of L-carnitine to the diet due to the increase in gonad index led to an improvement in sperm quality parameters at the beginning of the production period (puberty).

Keywords: Gonad Index, L-carnitine, Rooster, Sexual Maturity, Sperm

اثرات ال-کارنیتین جیره‌ای بر فراسنجه‌های کیفی منی و شاخص‌های گنادی و کبدی خروس‌های مولد گوشتی

وحید محمدی^۱، سید داود شریفی^{۲*}، محسن شرفی^۳، عبدالله محمدی سنگ چشمه^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین بر فراسنجه‌های کیفی منی و شاخص‌های گنادی و کبدی خروس در زمان بلوغ و پیک تولید بود. تعداد ۳۶ قطعه خروس مادر گوشتی سویه راس (۱۲ هفتگی) به مدت ۲۲ هفته، در یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (سطوح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم ال کارنیتین) و دوازده تکرار استفاده شد. نمونه‌های منی برای ارزیابی حجم منی، جنبایی کل، فعالیت میتوکندری، سلامت غشای پلاسمایی اسپرم به صورت هفتگی جمع‌آوری شد. همچنین، برای تعیین شاخص‌های گنادی و کبدی در سنین ۲۴ و ۳۴ هفتگی چهار پرنده در هر تیمار پس از توزین کشتار و بیضه‌ها و کبد خارج و توزین شدند. بیشترین جنبایی اسپرم (۹۶/۶۰ درصد) مربوط به پرندگان تغذیه شده با ۲۵۰ میلی‌گرم ال کارنیتین بود. با افزایش سطح ال کارنیتین در جیره، سلامت غشای پلاسمایی اسپرم به صورت خطی (۶/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) بهبود یافت. یک تمایل خطی در فعالیت میتوکندری با افزایش سطح ال کارنیتین در جیره مشاهده شد (۶۹/۳۱، ۷۲/۰۰ و ۷۶/۲۵). یک تمایل به معنی‌داری در شاخص گنادی ($P=0/08$) با تغذیه سطوح مختلف ال-کارنیتین مشاهده شد. به طور کلی، افزودن سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین به جیره به واسطه افزایش شاخص گناد منجر به بهبود فراسنجه‌های کیفی اسپرم در ابتدای دوره تولید (بلوغ جنسی) شد.

واژه‌های کلیدی: اسپرم، ال کارنیتین، بلوغ جنسی، خروس، شاخص گنادی

مقدمه

بلوغ جنسی و کاهش باروری از نگرانی‌های عمده‌ای هستند که گله‌های مادر گوشتی با آن روبرو است (Brillard, 2004; Rosenstrauch et al., 1998; Xiong et al., 2009).

در سال‌های اخیر بیشتر مطالعات در زمینه گله‌های مادر گوشتی، به بررسی مشکلات تولیدمثلی و باروری در مراحل انتهایی دوره تولید متمرکز شده‌اند (Akhlaghi et al., 2018; Ali et al., 2017; Avital-Cohen et al., 2015; Kazemizadeh et al., 2019). در صورتی که در ابتدای دوره‌ی تولید پرنده از سیستم تناسلی تکامل یافته و باروری مناسبی برخوردار باشد، می‌تواند نوید بخش یک زندگی تولیدمثلی ایده‌آل پس از اوج تولید باشد. پرندگان با وزن پایین بدن اغلب بیضه توسعه نیافته‌ای دارند و در نهایت، نابارور در نظر گرفته می‌شوند (Xiong et al., 2009; Rosenstrauch et al., 1998). در طول رشد و توسعه بیضه در سن ۲ تا ۱۵ هفتگی هیچ گونه افزایش معنی‌داری در وزن بیضه مشاهده نشد (Anastasiadou et

در چند دهه اخیر، صنعت مرغ مادر گوشتی به طور قابل توجهی تغییر کرده است. اگر چه انتخاب ژنتیکی به همراه مدیریت، ضریب تبدیل غذایی و تولید گوشت را بهبود بخشیده‌اند؛ با این حال، تأخیر در

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- استادیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(Email: sdsharifi@ut.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

تأثیر سطوح مختلف ال کارنیتین در جیره جوجه خروس‌های نابالغ بر فراسنجه‌های کیفی اسپرم و شاخص‌های گنادی و کبدی خروس در زمان بلوغ و پیک تولید صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۳۶ قطعه خروس والد سویه راس (۱۲ هفتگی) با میانگین وزن 1975 ± 85 گرم، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (سطوح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین در جیره) و ۱۲ خروس در هر تیمار (شش تکرار) به مدت ۲۲ هفته انجام شد. خروس‌ها در قفس‌های جداگانه انفرادی نگاه‌داری شدند و اندازه‌ی قفس‌ها $75 \times 60 \times 70$ سانتی متر در نظر گرفته شد. در ابتدای آزمایش تا ۱۸ هفتگی هشت ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی اعمال گردید و به تدریج تا سن تحریک نوری (۲۱ هفتگی) ساعات روشنایی به ۱۴ ساعت افزایش یافت. خروس‌ها به مدت دو هفته برای عادت‌دهی با جیره استاندارد تغذیه شدند. جیره خروس‌ها بر اساس احتیاجات توصیه شده در کاتالوگ راس ۳۰۸ تنظیم شد (جدول ۱). پس از سه هفته عادت‌دهی خروس‌ها به انزال با روش مالش شکمی، اسپرم‌گیری از خروس‌ها در بازه زمانی هشت هفته از سن ۲۶ تا ۳۴ هفتگی، انجام و پس از رقیق‌سازی، فراسنجه‌های کیفی اسپرم سنجش شد (Burrows and Quinn., 1937). منی پس از ۲۰ برابر رقیق شدن با محیط رقیق‌کننده بتسویل (دی پتاسیم فسفات ۴۳ میلی مولار)، سدیم گلوتامات (۵۱ میلی مولار)، فروکتوز (۲۷ میلی مولار)، سدیم استات (۳۹ میلی مولار)، تریس (۱۳ میلی مولار)، پتاسیم استات (۶/۵ میلی مولار)، مونو پتاسیم فسفات (۵/۱ میلی مولار)، کلراید منیزیم (۳۷ میلی مولار)، و سه درصد گلیسرول، با اسمولاریته ۳۱۰ میلی اسمول بر کیلوگرم و pH برابر ۷/۱ برای تعادل دمایی به مدت دو ساعت در داخل یخچال با دمای پنج درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (Fattah et al., 2017). حجم منی توسط میکروتیوپ‌های مدرج ۱/۵ میلی لیتری اندازه‌گیری شد. جنبایی کل با استفاده از میکروسکوپ فاز کنتراست با بزرگنمایی ۴۰۰ به روش چشمی بررسی گردید.

(al., 2011). با این حال، مراحل اولیه رشد، دوره‌ی خیلی مهمی برای توسعه بیضه است (Vizcarra et al., 2010). بلوغ جنسی با بیشترین وزن بیضه و هورمون‌های جنسی در ارتباط است (Blaszczyk et al., 2006; Tsutsui and Ishii., 1978). توانایی بیضه در تولید اسپرم با شمار یاخته‌های سرتولی تنظیم می‌شود و تولید روزانه اسپرم با شمار یاخته‌های سرتولی و اسپرماتوگونی به‌ازای هر بیضه ارتباط دارد (Okwun et al., 1996). سلول‌های سرتولی مواد مغذی و انرژی مورد نیاز سلول‌های بنیادی جهت انجام فرآیند اسپرماتوژنسیز را فراهم می‌نماید (Rato et al., 2010; Oliveira et al., 2009). مسیر اصلی تولید انرژی در سلول‌های سرتولی بتااکسیداسیون اسیدهای چرب است (Xiong et al., 2009).

ال کارنیتین، ترکیب چهار آمینی بسیار مهمی است که در ماهیچه اسکلتی، قلب، مغز و بیضه ذخیره می‌شود. مسیر متابولیکی ال کارنیتین برای انتقال مولکول‌های اسید چرب -کوآنزیم آ به داخل ماتریکس میتوکندری برای شروع فعالیت بتااکسیداسیون، که ATP را جهت عملکرد مداوم سلول تولید می‌کند، ضروری است (Tsutsui and Ishii., 1978). بنابراین، ال کارنیتین نقش‌های چندگانه‌ای در متابولیسم واسطه‌ای طیور ایفا می‌کند که از آن جمله می‌توان به بهبود عملکرد رشدی، پاسخ‌های ایمنی، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و کیفیت اسپرم اشاره نمود (Adabi et al., 2011). ال کارنیتین یکی از تنظیم‌کننده‌های اصلی عملکرد سلول‌های سرتولی می‌باشد (Palmero et al., 2000). اگر چه، مطالعات پیشین اثرات مفید ال کارنیتین بر کیفیت منی را در خروس مسن گزارش کردند (Elokil et al., 2002; Neuman et al., 2019). تا به حال، هیچ مطالعه‌ای در ارتباط با تأثیر مکمل ال کارنیتین در جیره جوجه‌خروس‌ها بر صفات کیفی منی و شاخص‌های گنادی و کبدی در زمان بلوغ و پیک تولید گزارش نشده است. علاوه‌براین، جیره‌ی طیور اساساً یک ماهیت گیاهی دارد و از لحاظ ال کارنیتین فقیر است و از طرفی، متیونین و لایزین به ترتیب اولین و دومین اسیدآمینه محدودکننده در جیره پرندگان هستند (Arslan, 2006). از این رو، به نظر می‌رسد با گنجاندن ال کارنیتین به جیره جوجه‌خروس‌های نابالغ بتوان به بافت بیضه توسعه‌یافته‌ای در پرندگان دست یافت و در نهایت، عملکرد تولید مثلی را بهبود بخشید. بنابراین، مطالعه حاضر به منظور بررسی

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره پایه

Table 1- Ingredients and nutrient composition of basal diet

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	ماده خوراکی Edible material
ذرت Corn	69.00
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal	8.5
سبوس گندم Wheat bran	19.19
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.40
نمک Salt	0.32
صدف Shell	0.8
دی ال-متیونین DL Methionine	0.11
مکمل معدنی ^۱ Mineral supplements ¹	0.25
مکمل ویتامینه ^۲ Vitamin Supplement ²	0.25
مواد مغذی محاسبه شده Calculated nutrients	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2754
پروتئین (درصد) Crude protein (%)	12
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.7
فسفر (درصد) Available phosphorus (%)	0.35
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.15
ال-لایزین (درصد) Lysine (%)	0.45
دی ال-متیونین (درصد) DL-Methionine (%)	0.29
متیونین + سیستین (درصد) Methionine+ cysteine (%)	0.49

^۱ عرضه شده در کیلوگرم جیره: آهن: ۶۰ میلی‌گرم؛ منگنز: ۶ میلی‌گرم؛ روی: ۱۰۰ میلی‌گرم؛ ید: ۲؛ مس: ۱۰ میلی‌گرم؛ و سلنیوم: ۰/۲ میلی‌گرم.
^۲ عرضه شده در کیلوگرم جیره: ویتامین A: ۱۲۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E: ۱۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K₃: پنج میلی‌گرم؛ B₁: سه میلی‌گرم؛ ریوفلاوین: ۱۲ میلی‌گرم؛ نیاسین: ۱۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂: ۰/۰۴ میلی‌گرم؛ ویتامین D: ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ پانتوتیک اسید: ۵۵ میلی‌گرم؛ پیروکسین: چهار میلی‌گرم؛ بیوتین: ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ کولین کلراید: یک گرم.

^۱ Supplied per kg of diet: Fe, 60 mg; Mn, 6 mg; Zn, 100 mg; I, 2 mg; cu, 10 mg; and Se, 0.2 mg.

^۲ Supplied per kg of diet: vitamin A, 12000IU; vitamin E, 100 IU; vitamin K₃, 5 mg, B₁, 3 mg; riboflavin, 12 mg; niacin, 15 mg; vitamin B₁₂, 0.04 mg; vitamin D, 3,000 IU;; pantothenic acid, 55 mg; pyridoxine, 4 mg; biotin, 0.25 mg and Choline chloride, 1 g.

محیط مورد آزمایش ۱۰۰ میلی‌اسمول بر کیلوگرم و اسمولاریته مورد نیاز برای اسپرم، ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌اسمول بر کیلوگرم است. اسپرم‌هایی که غشای آن‌ها سالم است، با قرار گرفتن در یک محیط

از آزمون تورم هیپواسموتیکی (HOST) برای بررسی عملکرد غشای پلاسمایی اسپرم استفاده شد. آزمایش هاس بر اساس اسمولاریته‌ی محیطی است که اسپرم در آن قرار می‌گیرد. اسمولاریته

هفتگی به صورت مجزا، چهار قطعه پرنده از هر تیمار انتخاب و پس از توزین کشتار شدند. سپس به دقت بیضه‌ها و کبد، خارج و توزین شدند و در نهایت، شاخص‌های گنادی و کبدی با تقسیم وزن بافت‌ها به وزن بدن و ضرب آن در عدد ۱۰۰ محاسبه گردید (Arafa et al., 2012; Ratri et al., 2021; Sitaswi et al., 2021). داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از طرح کاملاً تصادفی (مدل ۱)، با رویه GLM و همچنین شاخص‌های گنادی و کبدی با استفاده از طرح اندازه‌گیری‌های تکرارشونده و با رویه MIXED، نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه آماری شد. میانگین‌ها با کمک آزمون کنتراست خطی و درجه دوم در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

نتایج مربوط به تأثیر سطوح مختلف مکمل ال کارنیتین بر حجم منی و فراسنجه‌های کیفی اسپرم در جدول ۲ نشان داده شده است. جنبایی اسپرم تحت تأثیر سطوح مختلف ال-کارنیتین قرار گرفت ($P < 0.05$). آزمون کنتراست تغییرات جنبایی اسپرم را به صورت درجه دوم با افزایش سطح ال کارنیتین در جیره نشان داد ($P < 0.05$). به طوری که بیشترین جنبایی اسپرم در پرندگان تغذیه شده با سطح ۲۵۰ میلی گرم مشاهده شد. یک تمایل به معنی‌داری خطی در حجم منی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد ($P = 0.05$). همچنین، سلامت غشای پلاسمایی اسپرم به صورت خطی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$)، به طوری که با افزایش سطح ال کارنیتین در جیره درصد اسپرم‌های با غشای پلاسمایی سالم افزایش یافت. علاوه بر این، یک تمایل به معنی‌داری خطی در فعالیت میتوکندری بین سطوح مختلف ال کارنیتین مشاهده شد ($P = 0.06$).

با اسمولاریته پایین به سرعت واکنش می‌دهند و انتهای دم آن گره می‌خورد، اما اسپرم‌های مرده و دارای غشای آسیب‌دیده هیچ واکنشی نسبت به این محیط نشان نمی‌دهند. در این آزمون، اسپرم‌هایی که انتهای دم آن‌ها گره می‌خورند، به عنوان اسپرم با عملکرد غشایی مناسب و آن‌هایی که واکنش نمی‌دهند، به عنوان اسپرم‌های با غشای آسیب‌دیده در نظر گرفته می‌شوند.

در این آزمایش برای بررسی فعالیت میتوکندری از روش ریول و مرود با کمی تغییر استفاده شد (Revell and Mrode., 1994). به طور خلاصه ۱۰ میکرولیتر از منی با ۲۰۰ میکرولیتر محلول هایپواسموتیک (۱۰۰ میلی اسمول بر کیلوگرم)، یک گرم سدیم سیترات در ۱۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر، در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه انکوبه شد. سپس پنج میکرولیتر از محلول تهیه شده بر روی اسلاید قرار داده شد و لامل بر روی آن قرار گرفت. سپس اسلاید تهیه شده برای شمارش ۲۰۰ اسپرم در هر اسلاید به زیر میکروسکوپ انتقال یافت. درصد اسپرم با میتوکندری فعال به وسیله ردآمین (Rho) ۱۲۳ و پروپیدیوم یدید (PI) رویه تشریح شده توسط فتاح و همکاران (Fattah et al., 2017)، ارزیابی شد. به صورت خلاصه، ۱۰ میکرولیتر از محلول ردآمین ۱۲۳ (۰/۰۱ میلی گرم بر میلی لیتر) به ۳۰۰ میکرولیتر نمونه منی رقیق شده افزوده و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق (تاریک) گذاشته شد. پس از آن نمونه‌ها سانتریفوژ شده (۵۰۰ گرم به مدت سه دقیقه) و پلت‌های اسپرم در ۵۰۰ میکرولیتر بافر تریس معلق شد. سپس ۱۰ میکرولیتر محلول PI (۱ میلی گرم در میلی لیتر) به نمونه‌ها افزوده شد. در نهایت، تعداد اسپرم‌ها با میتوکندری فعال به وسیله نرم‌افزار فلوجو (FlowJo) به صورت سیگنال مثبت برای ردآمین ۱۲۳ و سیگنال منفی برای پروپیدیوم یدید با میکروسکوپ شناسایی شدند (Fattah et al., 2017). برای بررسی شاخص‌های گنادی و کبدی در سنین ۲۴ و ۳۴

جدول ۲- تأثیر مکمل جیره‌ای ال-کارنیتین بر فراسنجه‌های کیفی منی خروس‌های مادر گوشتی

Table 2- The effect of dietary L-carnitine supplementation on semen quality parameters in broiler breeder roosters

صفات Traits	ال کارنیتین (میلی گرم بر کیلوگرم) L-Carnitin (mg/kg)			میانگین خطای استاندارد ^۱ Standard error of mean	مقدار احتمال Probability value		
	0	250	500		تیمار Trt	خطی Linear	درجه دوم Quadratic
حجم منی (میلی لیتر) Sperm volume (ml)	0.362	0.460	0.475	0.082	0.13	0.08	0.44
جنبایی اسپرم (درصد) Sperm motility (%)	88.25 ^b	96.60 ^a	95.00 ^a	3.48	0.018	0.02	0.04
فعالیت میتوکندری (درصد) Mitochondrial activity (%)	69.31	72.00	76.25	3.11	0.25	0.06	0.78
سلامت غشای پلاسمایی (درصد) Plasma membrane health (%)	74.90	80.00	79.70	2.99	0.08	0.04	0.17

^۱ میانگین خطای آزمایش.

^۱ Standard error of means.

شاخص‌های مذکور با افزایش سن به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند ($P < 0.05$). اثر متقابل در هیچ کدام از فراسنجه‌های مورد بررسی معنی‌دار نبود.

نتایج مربوط به تأثیر سطوح مختلف مکمل ال-کارنیتین بر شاخص گنادی و کبدی در جدول ۳ نشان داده شده است. داده‌ها نشان داد که اگر چه یک تمایل به معنی‌داری در شاخص گنادی ($P = 0.08$) با تغذیه سطوح مختلف ال-کارنیتین مشاهده شد، با این حال تیمارهای آزمایشی تأثیر قابل توجهی بر شاخص‌های کبدی نگذاشتند. ولی

جدول ۳- تأثیر مکمل ال-کارنیتین جیره‌ای بر شاخص‌های گنادی و کبدی خروس‌های مادر گوشتی

Table 3- The effects of dietary L-carnitine supplementation on GSI and HIS in-broiler breeder roosters

سطوح ال-کارنیتین (میلی‌گرم در کیلوگرم) Levels of LC (mg/kg)	سن (هفته) Age (week)	شاخص گنادی Gonadosomatic index	شاخص کبدی Hepatosomatic index
0	24	0.562	1.10
	34	0.69	1.15
250	24	0.681	1.19
	34	0.79	1.24
500	24	0.650	1.28
	34	0.77	1.33
میانگین خطای استاندارد Standard error of means.		0.051	0.132
مقدار احتمال P-value			
تیمار Treat		0.08	0.15
زمان Time		<0.0001	<0.0001
زمان × تیمار Treat × Time		0.259	0.932

در هر ردیف میانگین‌ها با علامت نامشابه متفاوت هستند.

In each row, means with non-similar letters are different ($P < 0.05$).

بحث

کیلوگرم نسبت به گروه شاهد نشان داد (Mohammadi *et al.*, 2021). در مطالعه حاضر شاخص کبدی در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به گروه شاهد به ترتیب ۸ و ۱۶ درصد بالاتر بود، اگر چه این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با این حال، این روند افزایشی شاخص کبدی هم‌راستا با شاخص گنادی، بیانگر اهمیت کبد و متابولیسم چربی موجود در آن در ساخت و توسعه اندام‌های تناسلی است. در بسیاری از گونه‌ها، شاخص کبدی به‌عنوان شاخص مناسبی برای پیش‌بینی وضعیت گنادوسوماتیک و مقدار انرژی اختصاص یافته برای تولید مثل معرفی شده است (Yaragina and Marshall., 2000).

کارنیتین، ترکیبی است که در کبد، کلیه، و مغز از دو اسید آمینه ضروری لیزین و متیونین سنتز می‌شود. این شبه‌ویتامین با انتقال اسیدهای چرب به درون میتوکندری جهت بتا‌اکسیداسیون، نقش مهمی در متابولیسم لیپید و تعادل انرژی ایفا می‌کند (Zammit *et al.*, 2009). به نظر می‌رسد، در این پژوهش افزایش شاخص کبدی در راستای نقش‌های ال-کارنیتین در تنظیم هموستازی انرژی در کبد و

این تحقیق به‌منظور بررسی فراسنجه‌های کیفی اسپرم و شاخص‌های گنادی و کبدی خروس‌های تغذیه شده با سطوح مختلف ال-کارنیتین صورت گرفت. نتایج نشان داد که تغذیه جوجه‌خروس‌های نابالغ با سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در سن ۲۴ هفتگی به ترتیب منجر به افزایش حدود ۲۲ و ۱۵ درصدی شاخص گنادی در سن بلوغ جنسی شده است. در مطالعه‌ای، استفاده از ۵۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در جیره خروس‌های مسن لگهورن به مدت پنج هفته، تنها هفت درصد وزن نسبی بیضه‌ها را افزایش داد (Neuman *et al.*, 2002). در این آزمایش، تأثیر مطلوب‌تر ال-کارنیتین بر شاخص گناداها احتمالاً به دلیل تفاوت در سن و نژاد پرندها و طول دوره باشد. فعالیت سینترژیستی FSH و تستوسترون، با القای هیپرتروفی (بزرگ شدن) سلول‌های سرتولی منجر به افزایش وزن بیضه‌ای پرندگان می‌شود (Tsutsui and Ishii., 1978). داده‌های منتشر شده قبلی، افزایش این هورمون‌های جنسی را در پرندگان تغذیه شده با ۲۵۰ میلی‌گرم بر

تغذیه شده با ال کارنیتین نسبت به گروه شاهد بهبود یافت. در توافق با نتایج این مطالعه نشان داده شده است که افزودن یک یا دو میلی مولار ال کارنیتین به محیط رقیق کننده اسپرم منجر به بهبود عملکرد غشای اسپرم می شود (Elokil et al., 2019). غشای پلاسمایی اسپرم نقش اساسی در ظرفیت بارور شدن اسپرم ایفا می کند (Lenzi et al., 1996). ترکیبات لیپیدی عمده غشای اسپرماتوزوآها، فسفولیپیدها هستند که حاوی مقادیر بسیار زیادی از اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه می باشند (Kelso et al., 1997; Surai et al., 1998). بنابراین، اسپرماتوزوآ بیشتر مستعد گونه های فعال اکسیژن می شوند (Sanocka Fujihara and Koga., 1984; Surai et al., 1998) and Kurpisz., 2004). در این حالت نیاز به سیستم های آنتی اکسیدانی کارآمد برای حفاظت در مقابل آسیب پراکسیداسیون و اختلال عملکرد اسپرم می باشد (Surai et al., 1998; Alonso-Alvarez et al., 2007).

نتیجه گیری کلی

در مجموع، این مطالعه شواهد متقاعدکننده ای در ارتباط با مزایای گنجاندن طولانی مدت ال-کارنیتین در جیره خروس های مولد گوشتی بر جنبایی اسپرم در اوایل دوره تولید (اوایل بلوغ جنسی) بواسطه بهبود شاخص گناد ارائه می دهد. بنابراین، به نظر می رسد رشد و توسعه بهینه گنادها در زمان بلوغ جنسی با فراسنجه های کیفی اسپرم میتواند در ارتباط باشد که در این مطالعه به خوبی تحت تأثیر سطوح ال-کارنیتین (۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم) قرار گرفته است.

توسعه آن است (Borum, 1985). احتمالاً، پاسخ های وابسته به سن و وابسته به دوز به ال کارنیتین باید در نظر گرفته شود. در مطالعه حاضر، نقش ال کارنیتین بر شاخص های گنادی و کبدی در اوج تولید (سن ۳۴ هفتگی) نسبت به سن بلوغ جنسی (۲۴ هفتگی) خفیف تر بود. رشد و توسعه گنادهای خروس تا سن ۲۸ هفتگی افزایش می یابد و پس از آن کاهش یا ثابت می شود (Vizcarra et al., 2010). به نظر می رسد عدم اختلاف معنی دار در شاخص گنادی بین تیمارهای آزمایشی در مطالعه حاضر، به این دلیل است که بافت بیضه رشد و توسعه خود را تکمیل کرده است و احتمالاً تفاوت جزئی شاخص گنادی در اوج تولید به دلیل تأثیر مثبت ال کارنیتین بر رشد و توسعه بافت بیضه در سنین ۱۲ تا ۲۸ هفتگی باشد. یافته های این مطالعه نشان داد که سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم ال-کارنیتین به ترتیب منجر به بهبود در حدود ۹ و ۷ درصد جنبایی اسپرم نسبت به پرندگان گروه شاهد شد. در توافق با این نتایج، استفاده از ۱۵۰ میلی گرم ال کارنیتین در جیره اردک جنبایی اسپرم را حدود ۱۳ درصد افزایش داد (Al-Daraji and Tahir., 2014). ارتباط مثبتی بین ال کارنیتین و جنبایی اسپرم انسان گزارش شده است (Manssor et al., 2019). ال-کارنیتین از جمله ترکیبات مهم پلاسمای منی است که در طول عبور منی از اپیدیدیم غلظت آن افزایش یافته تا جایی که جنبایی اسپرم و توانایی باروری آن توسعه یابد (Jeulin et al., 1988). محققان دریافتند که تولید انرژی از طریق کانال میتوکندری برای جنبایی اسپرم ضروری است (Pena et al., 2009). مطالعات دیگر حاکی از آن است که ال کارنیتین به واسطه خاصیت آنتی اکسیدانی و افزایش جذب گلوکز توسط اسپرم موجب بهبود تحرک اسپرم شده است (Rosenstrauch et al., 1998; Aliabadi et al., 2012).

در مطالعه حاضر سلامت غشای پلاسمایی اسپرم خروس های

References

- Adabi, S. G., Cooper, R. G., Ceylan, N., & Corduk, M. (2011). L-carnitine and its functional effects in poultry nutrition. *World Poultry Science Journal*, 67(2), 277-296. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000304>
- Akhlaghi, A., Zhandi, M., Zaghari, M., & Sharideh, H. (2018). Dietary zinc oxide and 6-phytase effects on fertility rate in old broiler breeder hens. *Iranian Journal of Agriculture Science Technology*, 18(2), 327-336. [20.1001.1.16807073.2016.18.2.11.1](https://doi.org/10.1001.1.16807073.2016.18.2.11.1)
- Al-Daraji, H. J., & Tahir, A. O. (2014). Effect of L-carnitine supplementation on drake semen quality. *South African Journal of Animal Science*, 44(1), 18-25. [10.4314/sajas.v44i1.3](https://doi.org/10.4314/sajas.v44i1.3)
- Ali, E. A., Zhandi, M., Towhidi, A., Zaghari, M., Ansari, M., Najafi, M., & Deldar, H. (2017). Letrozole, an aromatase inhibitor, reduces post-peak age-related regression of rooster reproductive performance. *Animal Reprod Science*, 183, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.05.010>
- Aliabadi, E., Mehranjani, M. S., Borzoei, Z., Talaei-Khozani, T., Mirkhani, H., & Tabesh, H. (2012). Effects of L-carnitine and L-acetyl-carnitine on testicular sperm motility and chromatin quality. *Iranian journal of Reproductive Medicine*, 10(2), 77.
- Alonso-Alvarez, C., Bertrand, S., Faivre, B., Chastel, O., & Sorci, G. (2007). Testosterone and oxidative stress: the oxidation handicap hypothesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1611), 819-825. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0673>
- Anastasiadou, M., Theodoridis, A., Avdi, M., & Michailidis, G. (2011). Changes in the expression of Toll-like receptors in the chicken testis during sexual maturation and Salmonella infection. *Animal Reproduction Science*, 128(1-4), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.09.003>

8. Arafa, S., Chouaibi, M., Sadok, S., & El Abed, A. (2012). The influence of season on the gonad index and biochemical composition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* from the Gulf of Tunis. *The Scientific World Journal*, 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/815935>
9. Arslan, C. (2006). L-Carnitine and its use as a feed additive in poultry feeding: a review. *Revue Medicin Veterinaire*, 157, 134-142.
10. Avital-Cohen, N., Heiblum, R., Rosenstrauch, A., Chaiseha, Y., Mobarkey, N., Gumulka, M., & Rozenboim, I. (2015). Role of the serotonergic axis in the reproductive failure associated with aging broiler breeder roosters. *Domestic Animal Endocrinology*, 53, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2015.04.001>
11. Blaszczyk, B., Tarasewicz, Z., Udala, J., Gaczarzewicz, D., Stankiewicz, T., Szczerbińska, D., & Jasieniecka, J. (2006). Changes in the blood plasma testosterone and cholesterol concentrations during sexual maturation of Pharaoh quails. *Animal Science Papers and Reports*, 24(3), 259-266.
12. Borum, P. R. (1985). Role of carnitine during development. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 63(5), 571-576. <https://doi.org/10.1139/y85-097>
13. Brillard, J. P. (2004). Natural mating in broiler breeders: present and future concerns. *World's Poultry Science Journal*, 60(4), 439-445. <https://doi.org/10.1079/WPS200427>
14. Burrows, W. H., & Quinn, J. P. (1937). The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. *Poultry Science*, 16(1), 19-24. <https://doi.org/10.3382/ps.0160019>
15. Elokil, A. A., Bhuiyan, A. A., Liu, H. Z., Hussein, M. N., Ahmed, H. I., Azmal, S. A., & Li, S. (2019). The capability of L-carnitine-mediated antioxidant on cock during aging: evidence for the improved semen quality and enhanced testicular expressions of GnRH1, GnRHR, and melatonin receptors MT 1/2. *Poultry Science*, 98(9), 4172-4181. <https://doi.org/10.3382/ps/pez201>
16. Fattah, A., Sharafi, M., Masoudi, R., Shahverdi, A., Esmaili, V., & Najafi, A. (2017). L-Carnitine in rooster semen cryopreservation: Flow cytometric, biochemical and motion findings for frozen-thawed sperm. *Cryobiology*, 74, 148-153. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.10.009>
17. Fujihara, N., & Koga, O. (1984). Prevention of the production of lipid peroxide in rooster spermatozoa. *Animal Reproduction Science*, 7(4), 385-390. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(84\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0378-4320(84)90023-X)
18. Jeulin, C., Soufir, J. C., Marson, J., Paquignon, M., & Dacheux, J. L. (1988). Acetylcarnitine and spermatozoa: relationship with epididymal maturation and motility in the boar and man. *Reproduction, Nutrition, Developpement*, 28(5), 1317-1327.
19. Kazemizadeh, A., Zare Shahneh, A., Zeinoaldini, S., Yousefi, A. R., Mehrabani Yeganeh, H., Ansari Pirsaraei, Z., & Akhlaghi, A. (2019). Effects of dietary curcumin supplementation on seminal quality indices and fertility rate in broiler breeder roosters. *British Poultry Science*, 60(3), 256-264. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1571165>
20. Kelso, K. A., Redpath, A., Noble, R. C., & Speake, B. K. (1997). Lipid and antioxidant changes in spermatozoa and seminal plasma throughout the reproductive period of bulls. *Reproduction*, 109(1), 1-6. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1090001>
21. Lenzi, A., Picardo, M., Gandini, L., & Dondero, F. (1996). Lipids of the sperm plasma membrane: from polyunsaturated fatty acids considered as markers of sperm function to possible scavenger therapy. *Human Reproduction Update*, 2(3), 246-256. <https://doi.org/10.1093/humupd/2.3.246>
22. Manssor, A. R. J., Al-Mahdawi, Z. M. M., & Hadi, A. M. (2019). The effect of treatment by L-carnitine for infertile men on semen parameters. *Tikrit Journal of Pure Science*, 24(2), 30-36. <http://dx.doi.org/10.25130/tjps.24.2019.027>
23. Mohammadi, V., Sharifi, S. D., Sharafi, M., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., Shahverdi, A., & Alizadeh, A. (2021). Manipulation of fatty acid profiles in roosters' testes, alteration in sexual hormones, improvements in testicular histology characteristics and elevation sperm quality factor by L-carnitine. *Theriogenology*, 161, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.10.005>
24. Moretti, S., Famularo, G., Marcellini, S., Boschini, A., Santini, G., Trinchieri, V., ... & De Simone, C. (2002). L-carnitine reduces lymphocyte apoptosis and oxidant stress in HIV-1-infected subjects treated with zidovudine and didanosine. *Antioxidants and Redox Signaling*, 4(3), 391-403. <https://doi.org/10.1089/15230860260196191>
25. Neuman, S. L., Lin, T. L., & Heste, P. Y. (2002). The effect of dietary carnitine on semen traits of White Leghorn roosters. *Poultry Science*, 81(4), 495-503. <https://doi.org/10.1093/ps/81.4.495>
26. Okwun, O. E., Igboeli, G. A. I. U. S., Ford, J. J., Lunstra, D. D., & Johnson, L. A. R. R. Y. (1996). Number and

- function of Sertoli cells, number and yield of spermatogonia, and daily sperm production in three breeds of boar. *Reproduction*, 107(1), 137-149. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1070137>
27. Oliveira, P. F., Sousa, M., Barros, A., Moura, T., & Da Costa, A. R. (2009). Intracellular pH regulation in human Sertoli cells: role of membrane transporters. *Reproduction*, 137(2), 353-359. <https://doi.org/10.1530/REP-08-0363>
28. Palmero, S., Bottazzi, C., Costa, M., Leone, M., & Fugassa, E. (2000). Metabolic effects of L-carnitine on prepubertal rat Sertoli cells. *Hormone and Metabolic Research*, 32(03), 87-90. [10.1055/s-2007-978596](https://doi.org/10.1055/s-2007-978596)
29. Pena, F. J., Rodríguez Martínez, H., Tapia, J. A., Ortega Ferrusola, C., Gonzalez Fernandez, L., & Macias Garcia, B. (2009). Mitochondria in mammalian sperm physiology and pathology: a review. *Reproduction in Domestic Animals*, 44(2), 345-349. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01211.x>
30. Rato, L., Socorro, S., Cavaco, J. E., & Oliveira, P. F. (2010). Tubular fluid secretion in the seminiferous epithelium: ion transporters and aquaporins in Sertoli cells. *The Journal of Membrane Biology*, 236(2), 215-224.
31. Ratri, P. R., Yulianti, A., & Restuti, A. N. S. (2021, March). The effect of chocolate drink to hepatosomatic index of diabetes mellitus induced rat. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 672, No. 1, p. 012074). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/672/1/012074
32. Revell, S. G., & Mrode, R. A. (1994). An osmotic resistance test for bovine semen. *Animal Reproduction Science*, 36(1-2), 77-86. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(94\)90055-8](https://doi.org/10.1016/0378-4320(94)90055-8)
33. Rosenstrauch, A., Weil, S., Degen, A. A., & Friedländer, M. (1998). Leydig cell functional structure and plasma androgen level during the decline in fertility in aging roosters. *General and comparative endocrinology*, 109(2), 251-258. <https://doi.org/10.1006/gcen.1997.7029>
34. Sanocka, D., & Kurpysz, M. (2004). Reactive oxygen species and sperm cells. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2(1), 1-7.
35. Sitasiwi, A. J., Jannah, S. N., Isdadiyanto, S., Annisa, T., Hermawati, C. M., Sari, A. M., & Putra, M. A. D. (2021, July). Study of the pineapple peel vinegar potency in restoring the gonadosomatic index of the diabetic rats. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1943, No. 1, p. 012067). IOP Publishing. DOI 10.1088/1742-6596/1943/1/012067
36. Surai, P., Kostjuk, I., Wishart, G., Macpherson, A., Speake, B., Noble, R., ... & Kutz, E. (1998). Effect of vitamin E and selenium supplementation of cockerel diets on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation susceptibility in sperm, testes, and liver. *Biological Trace Element Research*, 64(1), 119-132.
37. Tsutsui, K., & Ishii, S. (1978). Effects of follicle-stimulating hormone and testosterone on receptors of follicle-stimulating hormone in the testis of the immature Japanese quail. *General and Comparative Endocrinology*, 36(2), 297-305. [https://doi.org/10.1016/0016-6480\(78\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0016-6480(78)90036-9)
38. van Vlies, N., Tian, L., Overmars, H., Bootsma, A. H., Kulik, W., Wanders, R. J., ... & Vaz, F. M. (2005). Characterization of carnitine and fatty acid metabolism in the long-chain acyl-CoA dehydrogenase-deficient mouse. *Biochemical Journal*, 387(1), 185-193. <https://doi.org/10.1042/BJ20041489>
39. Vizcarra, J. A., Kirby, J. D., & Kreider, D. L. (2010). Testis development and gonadotropin secretion in broiler breeder males. *Poultry Science*, 89(2), 328-334. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00286>
40. Weil, S., Rozenboim, I., Degen, A. A., Dawson, A., Friedländer, M., & Rosenstrauch, A. (1999). Fertility decline in aging roosters is related to increased testicular and plasma levels of estradiol. *General and Comparative Endocrinology*, 115(1), 23-28. <https://doi.org/10.1006/gcen.1999.7276>
41. Xiong, W., Wang, H., Wu, H., Chen, Y., & Han, D. (2009). Apoptotic spermatogenic cells can be energy sources for Sertoli cells. *Reproduction*, 137(3), 469. [10.1530/rep-08-0343](https://doi.org/10.1530/rep-08-0343)
42. Yaragina, N. A., & Marshall, C. T. (2000). Trophic influences on interannual and seasonal variation in the liver condition index of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science*, 57(1), 42-55. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0493>
43. Zammit, V. A., Ramsay, R. R., Bonomini, M., & Arduini, A. (2009). Carnitine, mitochondrial function and therapy. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 61(14), 1353-1362. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2009.04.024>



Effect of Insemination Time in Pre- and Post-Milking on Pregnancy Rate of Isfahan Holstein Cows

Rabie Rahbar^{1*}

Received: 15-10-2021

Revised: 18-08-2022

Accepted: 24-08-2022

Available Online: 24-08-2022

How to cite this article:

Rahbar, R. (2022). Effect of Insemination Time in Pre- and Post-Milking on Pregnancy Rate of Isfahan Holstein Cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 593-602.

DOI: [10.22067/ijasr.2022.73085.1046](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.73085.1046)

Introduction The main aim of dairy farms is to increase the economic milk production of each cow in each lactation period. Therefore, the effective genetic and environmental factors should be identified and evaluated. Today, the main cause of economic losses to dairy herds is low reproductive efficiency. Any factor that causes delay or non-pregnancy of dairy cows leads to reduced milk production and calf birth. Stress is known as a major factor in reducing of fertility of dairy farms. Therefore, it is necessary to find management solutions that can reduce the side effects of this factor. The objective of this study was to evaluate the effect of insemination in pre- and post-milking time on pregnancy rate of Holstein Cows in Isfahan province.

Materials and Methods This research was conducted in the winter season between 2015 and 2020 in two large industrial herds in Isfahan. 2340 Holstein cows with 1 to 5 lactations were studied. The cows were randomly divided into two equal groups. According to the time of estrus observation and calculation of insemination time, half of the cows (1170 heads) were inseminated during 2 hours after milking and the other half during 2 hours before milking. Statistical analyzes were done using SAS software version 9.4. Descriptive statistics were estimated for enumerated data with frequency procedure (*Proc FREQ*) and for continuous data with mean procedure (*Proc MEANS*). Logistic regression method (*Proc GLIMMIX*) was used to analyze the results of insemination (1 = lead to pregnancy and 0 = no lead to pregnancy). The final model was including the fix effects of herd-year-season, insemination time compared to milking (pre- and post-milking), age at insemination time (2 levels including less equal and more than 40 months), MIM (nine levels), interaction effect of insemination time and age, interaction effect of insemination time and milk yield level (low and high producing) and the random effect of semen as bulls.

Results and Discussion Odds of pregnancy of inseminated cows in the post-milking time was more than inseminated cows in the pre-milking time (1.5 times). Also, in the group of high producing cows (with a milk average yield of more than 51 kg) and low aging cows group (less equal 40 months), the odds ratio of pregnancy of post-milking insemination was estimated higher than pre-milking insemination (1.6 and 1.85, respectively). Comparison of least squares mean (LS Means) of pregnancy rate in cows based on the time of insemination showed that in generally there is a 0.09 pregnancy difference between insemination time in pre- and post-milking. The mean of pregnancy rate in pre- and post-milking insemination was 0.31 and 0.40, respectively. Due to be significant of the odds ratio in the group of high producing cows (with a milk average yield of more than 51 kg), comparison of least squares mean of pregnancy rate in insemination times showed a difference of 0.1 in this group. The mean of pregnancy rate of high producing cows in pre- and post-milking insemination was 0.30 and 0.40, respectively. Also, due to be significant of the odds ratio in the group of low aging cows (less than equal to 40 months), the difference of least squares mean of pregnancy rate at insemination times was estimated 0.15. In other words, the mean of pregnancy rate of low aging cows in pre- and post-milking insemination was 0.34 and 0.49, respectively. For low producing (less than 51 kg) and high aging cows (more than 40 months), although the mean

1- Assistance Professor Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: rahbarrabie@pnu.ac.ir

of pregnancy rate at insemination time of post-milking was numerically higher than pre-milking, no significant difference was observed. Although there is a little information for the physiological factors of higher pregnancy in cows that have been inseminated in post-milking, it seems that reducing stress and consequently lower cortisol concentrations due to discharging milk of udder can be an effective factor.

Conclusion The results of this study showed that the time of insemination based on milking time makes a significant difference in the pregnancy rate of Holstein cows. It was also found that high producing cows with a milk average yield of more than 51 kg and low aging cows with age of less than equal to 40 months had the maximum chance of pregnancy at the time of insemination of post-milking due to reduced effect of milking stress at insemination time. Although the physiological reasons need to be carefully investigated, the findings of this study can be recommended as a suitable solution for insemination of low aging and high producing cows to increase herd fertility.

Keywords: Dairy cow, Fertility, Odds ratio, Stress.

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۶۰۲-۵۹۳

اثر زمان تلقیح در قبل و بعد دوشش بر میزان آبستنی گاوهای هلستاین استان اصفهان

ربیع رهبر^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

چکیده

تنش به عنوان یک عامل اصلی در کاهش باروری گله‌های گاو شیری شناخته شده است، لذا یافتن راهکارهای مدیریتی که بتواند اثرات جانبی این عامل را کاهش دهد، امری ضروری است. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی اثر تلقیح در قبل و بعد دوشش بر میزان آبستنی گاوهای هلستاین در استان اصفهان بود. ۲۳۴۰ رأس گاو هلستاین با نوبت زایش یک تا پنج مورد مطالعه قرار گرفتند که نیمی از آن‌ها (۱۱۷۰ رأس) در مدت زمان دو ساعت پس از دوشش و نیمی دیگر در مدت زمان دو ساعت پیش از دوشش تلقیح شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از رویه *GLIMMIX* نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. شانس آبستنی گاوهای تلقیح شده در زمان پس از دوشش بیشتر از گاوهای تلقیح شده در زمان پیش از دوشش بود (۱/۵ برابر). همچنین در گروه گاوهای پرتولید (با میانگین رکورد شیر بیشتر از ۵۱ کیلوگرم) و گروه گاوهای کم سن (کمتر مساوی ۴۰ ماه)، نسبت شانس آبستنی تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش بالاتر برآورد شد (به ترتیب ۱/۶ و ۱/۸۵ برابر). تفاوت میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی گاوها در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش، محاسبه شد (مقدار ۰/۰۹) که میزان اختلاف در گروه گاوهای کم سن و پرتولید به ترتیب برابر با مقدار ۰/۱۵ و ۰/۱ بود. بر اساس نتایج به دست آمده، تلقیح گاوها به‌ویژه گاوهای کم سن و پرتولید پس از دوشش می‌تواند موجب افزایش باروری گله شود.

واژه‌های کلیدی: باروری، تنش، گاو شیری، نسبت شانس.

مقدمه

تولید مثل گاوهای شیری، حداکثر نمودن تعداد زایمان‌ها در طول عمر مفید گاو در گله و در نتیجه، افزایش سودمندی می‌باشد. به دلیل وجود همبستگی ژنتیکی نامطلوب بین صفات تولیدی و تولید مثلی (Evans et al., 2006; Liu et al., 2008; Miglior et al., 2005; Van Raden et al., 2004) و وجود تأکید یک جانبه در انتخاب گاو هلستاین برای تولید شیر بیشتر، با وجود پیشرفت ژنتیکی سریع و چشمگیر در افزایش توان تولید شیر در این نژاد گاو، بازده تولید مثلی آن‌ها از اواسط دهه ۱۹۸۰ روند رو به کاهش نموده است (Olynk and Wolf, 2008; Washburn et al., 2005; Windig et al., 2005). تا جایی که امروزه عامل اصلی زیان اقتصادی وارده بر گله‌های گاو شیری، پایین بودن بازده تولید مثل عنوان می‌گردد (Holtsmark et al., 2005; Schneider et al., 2008; Sewalem et al., 2008). هزینه‌های تحمیل شده به مدیریت گله به دلیل عملکرد تولید مثلی

هدف اصلی در گله‌های گاو شیری، افزایش اقتصادی تولید شیر هر گاو در هر دوره شیردهی است و به همین دلیل باید عوامل ژنتیکی و محیطی مؤثر بر آن در شرایط مختلف محیطی و نژادهای گوناگون گاو شیری مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرند. از جمله این عوامل، می‌توان به صفات تولید مثلی اشاره کرد. زیرا تنها بعد از به دنیا آمدن گوساله است که تولید شیر آغاز می‌شود. این مسئله، اهمیت توجه به معیارهای سنجش بازده تولید مثل و ثبت و تجزیه و تحلیل رکوردهای مربوط به صفات تولید مثلی را نشان می‌دهد (González et al., 2004). با توجه به رابطه بین مدیریت گله‌های شیری و عملکرد تولید مثل، تصمیمات مربوط به مدیریت تولید مثل دارای پیامدهای مهم اقتصادی می‌باشد (Olynk and Wolf, 2008) به طوری که هدف اصلی در مدیریت

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

(Email: rahbarrabie@pnu.ac.ir)

* - نویسنده مسئول

یونجه خرد شده، سیلوی ذرت، سویای برشته، کنجاله سویا و مخلوط موادمعدنی و ویتامینی (تنظیم شده بر اساس جدول احتیاجات غذایی گاو شیری) تغذیه می‌شدند. دسترسی گاوها به آب سالم به صورت آزاد بود. همچنین گاوها سه نوبت در روز، به فاصله هشت ساعت، دوشیده شده و مجموع شیر هریک به عنوان رکورد روزانه به صورت خودکار ثبت می‌شد. در این گله‌ها، گاوهای خشک در یک گروه مجزا نگهداری و ۲۰ الی ۳۰ روز پیش از زایش بر اساس نمره وضعیت بدنی و سن، به گروه گاوهای دوره انتقال جابه‌جا می‌شدند. پس از زایش، وارد گروه گاوهای تازه‌زا شده و به صورت روزانه، تحت مراقبت دامپزشک برای کنترل رحم قرار می‌گرفتند. گاوهایی که سابقه سقط و یا مردهزایی داشتند، حذف شدند. کلیه گاوها طی ۲۸ الی ۳۰ روز پس از زایش، از نظر سلامت رحم و ناهنجاری‌های تخمدانی (کیست‌های تخمدانی و تخمدان استاتیک) بررسی شدند. در صورت سالم بودن رحم و تأیید دامپزشک، روش هم‌زمانی تخم‌ریزی دابل آوسینک برای گاوها اجرا شد. دوره انتظار اختیاری از زایش تا اولین تلقیح برای گله‌ها ۶۰ روز بود.

ساختار داده‌ها و آنالیز آماری: در این تحقیق از ۲۳۴۰ رأس گاو هلشتاین با نوبت زایش یک تا پنج استفاده شد. گاوها به صورت تصادفی به دو گروه مساوی تقسیم شدند. با توجه به زمان مشاهده فحلی و محاسبه زمان تلقیح، نیمی از گاوها (۱۱۷۰ رأس) در مدت زمان دو ساعت پس از دوشش (ساعت ۱۱ صبح) و نیمی دیگر در مدت زمان دو ساعت پیش از دوشش (ساعت هفت صبح) تلقیح شدند. شیردوشی ساعت نه صبح انجام شد. از مجموع کل گاوها، ۱۲۹۶ رأس (۵۵/۴ درصد) در نوبت تلقیح اول، ۵۶۴ رأس (۲۴/۱ درصد) در نوبت تلقیح دوم و ۴۸۰ رأس (۲۰/۵ درصد) در نوبت تلقیح سوم قرار داشتند. میانگین و انحراف معیار سن گاوها در زمان تلقیح $۱۸/۶ \pm ۴۵/۶$ و $۱۷/۵ \pm ۴۵/۳$ ماه بود که در دو گروه پیش از و پس از دوشش معیار تعداد تلقیحات در دو گروه پیش از و پس از دوشش به ترتیب $۲/۱ \pm ۱/۴$ و $۱/۶ \pm ۰/۸$ محاسبه شد. میانگین رکورد شیر روزانه $۱۰/۸ \pm ۵۰/۷$ کیلوگرم بود. گاوها بر اساس مقدار میانه مشاهدات رکورد شیر روزانه به دو گروه گاوهای کم تولید (کمتر مساوی ۵۱ کیلوگرم) و پرتولید (بیشتر از ۵۱ کیلوگرم) و بر اساس مقدار میانه سن در زمان تلقیح به دو گروه گاوهای کم‌سن (کمتر مساوی ۴۰ ماه) و سن بالا (بیشتر از ۴۰ ماه) تقسیم شدند. فراوانی و نسبت گروه‌های مختلف تولید و سن گاوها بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش در جدول ۱ آورده شده است.

ضعیف شامل افزایش هزینه‌های تلقیح مجدد، کاهش تولید شیر و هزینه حذف غیر اختیاری می‌باشد (González et al., 2008; Hou et al., 2008; Sewalem et al., 2008). هر عاملی که سبب ایجاد تأخیر یا عدم آبستنی گاوهای شیری گردد، منجر به کاهش شیر تولیدی، کاهش زایش و گوساله زایی می‌شود (Sewalem et al., 2008). چندین عامل در آبستنی دخالت دارند که کاهش آن ناشی از مجموعه ای از عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی است. مجموعه این عوامل موجب پیچیدگی در تعیین علت اساسی کاهش باروری شده است (Walsh et al., 2011). با این وجود، عواملی مانند تغذیه (Garnsworthy et al., 2008)، مدیریت گله (Olynk and Wolf, 2008)، میزان تولید شیر (Lucy, 2001)، زمان تلقیح (Evans et al., 2006)، دقت فحل یابی (Scheffers et al., 2010; Scheffers et al., 2009)، فرآیند تلقیح و مهارت مامور تلقیح (Lima et al., 2010; López-Gatius et al., 2006)، شرایط آب و هوایی (De Vries and Risco, 2005) و وجود تنش (Dobson and Smith, 2000) می‌توانند جزو عوامل مؤثر بر کاهش باروری در طول عمر تولیدی گاوهای شیری محسوب شوند. در این میان، تنش به عنوان یک عامل اصلی در کاهش سوددهی و کاهش راندمان تولیدی و تولید مثلی شناخته شده است. اهمیت مطالعه تنش در نشخوارکنندگان در حفظ سلامتی و افزایش ظرفیت تولیدی و تولید مثلی آن‌ها می‌باشد. از آن جا که واکنش تنش شامل صرف انرژی برای مقابله با چالش عوامل تنش‌زا است، تولید مثل حیوان به دلیل ماهیت انرژی‌خواه بودن ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد. عوامل تنش‌زا با تغییر کارایی هورمون‌ها و رفتار تولید مثلی می‌تواند بر تولید مثل اثر بگذارد (Pacak and Palkovits, 2001). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش شیردوشی در زمان تلقیح و ارائه راهکاری مناسب در جهت کاهش اثرات جانبی این عامل و افزایش باروری گله‌های گاوهای شیری هلشتاین انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در فصل زمستان بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ در دو گله بزرگ صنعتی در اصفهان اجرا شد. انتخاب این فصل به دلیل افزایش تعداد تلقیحات در این زمان در گله‌ها بود. تعداد کل مادینه گله‌ها ۱۸۰۰۰ رأس و تعداد مولدین آن‌ها ۹۲۰۰ رأس از نژاد هلشتاین و رجیستر بود. گاوها پس از زایش در جایگاه فری‌استال با بستری از جنس ماسه بادی نگهداری می‌شدند. کف جایگاه‌ها به منظور جلوگیری از لغزندگی، بتونی بود. گاوها سه بار در روز با جیره کاملاً مخلوط حاوی

جدول ۱- توزیع گاوها در گروه‌های مختلف تولید و سن بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش
Table 1- Distribution of cows in different groups of production and age based on the time of insemination in pre- and post-milking

زمان تلقیح Time of insemination	مقدار Value	گروه گاوها Group of cows			
		تولید Production		سن Age	
		کم تولید Low producing ¹	پرتولید High producing ²	کم سن Low age ³	سن بالا High age ⁴
پیش از دوشش Pre- milking	فراوانی frequency	702	468	608	562
	نسبت proportion	0.3	0.2	0.26	0.24
پس از دوشش Post- milking	فراوانی frequency	538	632	585	585
	نسبت proportion	0.23	0.27	0.25	0.25

1. 51 kg ≥, 2. 51 kg <, 3. 40 months ≥, 4. 40 months <

به‌عنوان سطح یک تا روزهای شیردهی بین ۳۰۰ و ۳۸۰ روز به‌عنوان سطح نه). جدول ۲ و وضعیت دو متغیر میانگین روز شیردهی و رکورد تولید شیر را در گاوهای کم‌تولید و پرتولید بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش نشان می‌دهد.

میانگین و انحراف استاندارد روزهای شیردهی در زمان تلقیح ۱۰۹/۳±۶۰/۷ روز بود که در مدل نهایی به‌صورت تعداد ماه شیردهی در نظر گرفته شد (نه سطح، از روزهای شیردهی کمتر از ۹۰ روز

جدول ۲- روز شیردهی و رکورد تولید شیر گاوهای کم تولید و پرتولید بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش (میانگین± انحراف استاندارد)

Table 2- Days in milk and milk yield of low and high producing cows based on the time of insemination in pre- and post-milking (mean± standard deviation)

زمان تلقیح Time of insemination	گروه گاوها Group of cows	روز شیردهی Days in milk	رکورد تولید شیر Milk yield
پیش از دوشش Pre- milking	کم‌تولید Low producing ¹	136 ± 80.1	42 ± 6.2
	پرتولید High producing ²	101 ± 44.4	59 ± 6.0
	کل Total	122 ± 69.9	49 ± 10.5
پس از دوشش Post- milking	کم‌تولید Low producing	108 ± 58.1	42 ± 6.4
	پرتولید High producing	87 ± 30.5	61 ± 6.1
	کل Total	97 ± 46.7	52 ± 11.0

1. 51 kg ≥, 2. 51 kg <

Proc) استفاده شد. زمان تلقیح نسبت به شیردوشی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح پیش از دوشش و پس از دوشش در مدل در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که گاوهایی که در مدت زمان دو ساعت پیش از زمان شیردوشی تلقیح شدند، به‌صورت پیش از دوشش و گاوهایی که در مدت زمان دو ساعت پس از زمان شیردوشی تلقیح شدند، به‌صورت

آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد (22). آماره‌های توصیفی برای داده‌های شمارشی با رویه فراوانی (*Proc FREQ*) و برای داده‌های پیوسته با رویه میانگین (*Proc MEANS*) برآورد شدند. برای آنالیز نتایج تلقیح (۱: منجر به آبستنی و ۰: عدم منجر به آبستنی) از روش رگرسیون لجستیک (*GLIMMIX*)

باشد ($OR > 1$)، یعنی احتمال آبستنی تلقیح در حضور آن عامل افزایش می‌یابد. اگر نسبت شانس کوچک‌تر از یک باشد ($OR < 1$) یعنی احتمال آبستنی تلقیح در حضور آن عامل کاهش می‌یابد.

نتایج و بحث

آنالیز آماری نشان داد که کلیه متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل، روی نتایج تلقیح اثر معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$). توزیع نتایج تلقیح (منجر به آبستنی و عدم منجر به آبستنی) در گروه گاوهای کم‌تولید (کمتر مساوی ۵۱ کیلوگرم) و پرتولید (بیشتر از ۵۱ کیلوگرم) و همچنین گاوهای کم‌سن (کمتر مساوی ۴۰ ماه) و سن بالا (بیشتر از ۴۰ ماه) در زمان‌های تلقیح پیش از و پس از دوشش در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، نسبت میزان آبستنی در همه گروه‌های تولید و سن، در حالت تلقیح پس از دوشش بیشتر از تلقیح پیش از دوشش بود.

پس از دوشش در مدل در نظر گرفته شدند. مدل نهایی مورد استفاده شامل اثر ثابت گله - سال - فصل زایش، زمان تلقیح نسبت به شیردوشی (پیش از و پس از دوشش)، سن در زمان تلقیح (دو سطح شامل کمتر مساوی و بیشتر از ۴۰ ماه)، ماه شیردهی در زمان تلقیح (نه سطح)، اثر متقابل زمان تلقیح و سن در زمان تلقیح، اثر متقابل زمان تلقیح و سطح تولید (کم‌تولید و پرتولید) و اثر تصادفی اسپرم به‌عنوان گاو نر (۱۷ نوع اسپرم) بود. اثر ماه تلقیح به دلیل معنی‌دار نشدن آن، از مدل نهایی حذف شد. نتایج به‌صورت نسبت شانس ($Odds Ratios: OR$) و سطوح اطمینان ۹۵ درصد ($95\% CI$) ارائه شد. دلیل استفاده از روش رگرسیون لجستیک در این تحقیق، ماهیت گسسته و دو دویی بودن متغیر پاسخ یعنی نتیجه تلقیح است. نسبت شانس، احتمال آبستنی به عدم آبستنی تلقیح را در حضور عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد. اگر نسبت شانس برابر با یک باشد ($OR = 1$)، به عبارت دیگر، دامنه اطمینان OR در سطح ۹۵ درصد، بالاتر و پایین‌تر از یک باشد، یعنی عامل مورد بررسی اثری بر میزان آبستنی تلقیح ندارد. اگر نسبت شانس بزرگ‌تر از یک

جدول ۳- توزیع تلقیح‌های منجر به آبستنی و عدم منجر به آبستنی در گروه‌های مختلف تولید و سن گاوها بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش (فراوانی: نسبت)

Table 3- Distribution of services to pregnancy and non-pregnancy in different groups of production and age of cows based on the time of insemination in pre- and post- milking (frequency: proportion)

نتیجه تلقیح Service outcome	زمان تلقیح Time of insemination	گروه گاوها Group of cows				کل Total
		تولید Production		سن Age		
		کم‌تولید Low producing ¹	پرتولید High producing ²	کم‌سن Low age ³	سن بالا High age ⁴	
آبستن Pregnant	پیش از دوشش Pre- milking	228: 0.33	138: 0.29	213: 0.35	153: 0.27	366: 0.31
	پس از دوشش Post- milking	237: 0.43	231: 0.37	282: 0.49	186: 0.31	468: 0.40
	کل Total	465: 0.38	369: 0.34	495: 0.42	339: 0.29	834: 0.36
غیرآبستن Non-pregnant	پیش از دوشش Pre- milking	465: 0.67	339: 0.71	399: 0.65	405: 0.73	804: 0.69
	پس از دوشش Post- milking	309: 0.57	393: 0.63	294: 0.51	408: 0.69	702: 0.60
	کل Total	774: 0.62	732: 0.66	693: 0.58	813: 0.71	1506: 0.64

1. 51 kg \geq , 2. 51 kg $<$, 3. 40 months \geq , 4. 40 months $<$

کم‌سن (کمتر مساوی ۴۰ ماه) کاملاً مشهود بود ($P < 0.05$). میزان نسبت شانس آبستنی کل گاوها، گروه‌های مختلف سطح تولید و سن گاوها در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش در جدول ۴ خلاصه شده است.

مقایسه نسبت‌های شانس نشان داد که در حالت کلی، احتمال آبستنی گاوهای تلقیح شده در زمان پس از دوشش بیشتر از گاوهای تلقیح شده در زمان پیش از دوشش بود. این حالت به‌ویژه در مورد گاوهای پرتولید (با میانگین رکورد بیشتر از ۵۱ کیلوگرم) و گاوهای

جدول ۴- مقایسه شانس آبستنی کل، گروه‌های مختلف سطح تولید و سن گاوها در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش
Table 4- Comparison of pregnancy odds of different groups of cows at the time of insemination post-milking compared to pre-milking

گروه گاوها Group of cows	نسبت شانس OR ⁵	فاصله اطمینان ۹۵ درصد 95% CI ⁶	مقدار t t value	مقدار P P-value
کل Total	1.5	1.1-2.0	2.57	0.01
کم‌تولید Low producing ¹	1.43	0.92-2.2	1.61	0.11
پرتولید High producing ²	1.6	1.0-2.5	1.95	0.04
کم‌سن Low age ³	1.85	1.2-2.8	2.84	0.006
سن‌بالا High age ⁴	1.21	0.76-1.9	1.41	0.16

1. 51 kg ≥, 2. 51 kg <, 3. 40 months ≥, 4. 40 months <, 5. Odds ratio, 6. Confidence interval

کم‌سن (کمتر مساوی ۴۰ ماه)، اختلاف میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی در زمان‌های تلقیح، برابر با ۰/۱۵ برآورد شد. به عبارتی میانگین نرخ آبستنی گاوهای کم‌سن در زمان تلقیح پس از دوشش برابر با ۰/۴۹ و پیش از دوشش برابر با ۰/۳۴ بود. در مورد گروه گاوهای کم‌تولید (کمتر مساوی ۵۱ کیلوگرم) و گاوهای سن بالا (بیشتر از ۴۰ ماه)، اگرچه از لحاظ عددی مقدار میانگین نرخ آبستنی در زمان تلقیح پس از دوشش بیشتر از پیش از دوشش بود، اما با توجه به معنی‌دار نشدن نسبت شانس آبستنی در این گروه‌ها، تفاوت معنی‌داری بین میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی در زمان‌های تلقیح پیش از و پس از دوشش مشاهده نشد (جدول ۵).

مقایسه میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی گاوها بر اساس زمان تلقیح نشان داد که در حالت کلی، ۰/۰۹ اختلاف آبستنی بین تلقیح پس از دوشش و پیش از دوشش وجود دارد. به طوری که میانگین نرخ آبستنی در تلقیح پس از دوشش برابر با ۰/۴۰ و پیش از دوشش برابر با ۰/۳۱ بود. باتوجه به معنی‌دار شدن مقدار نسبت شانس در گروه گاوهای پرتولید (با میانگین رکورد بیشتر از ۵۱ کیلوگرم)، نتیجه مقایسه میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی در زمان‌های تلقیح، اختلاف ۰/۱ را در این گروه نشان داد. به طوری که میانگین نرخ آبستنی گاوهای پرتولید در تلقیح پس از دوشش برابر با ۰/۴۰ و پیش از دوشش برابر با ۰/۳۰ بود. همچنین باتوجه به معنی‌دار شدن مقدار نسبت شانس در گروه گاوهای

جدول ۵- پیش‌بینی احتمال آبستنی در گروه‌های مختلف سطح تولید و سن گاوها بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش (میانگین حداقل مربعات ± انحراف استاندارد)
Table 5- Prediction of pregnancy probability in different groups of production and age of cows based on the time of insemination in pre- and post- milking (Least squares means ± standard deviation)

گروه گاوها Group of cows	پس از دوشش Post- milking		پیش از دوشش Pre- milking	
	میانگین حداقل مربعات (± انحراف استاندارد) Lsmeans ⁵ (±sd ⁶)	فاصله اطمینان ۹۵ درصد 95% CI ⁷	میانگین حداقل مربعات (± انحراف استاندارد) Lsmeans (±sd)	فاصله اطمینان ۹۵ درصد 95% CI
کل Total	0.40 (±0.03)	0.35-0.45	0.31 (±0.02)	0.26-0.36
کم‌تولید Low producing ¹	0.39 (±0.04)	0.32-0.47	0.32 (±0.03)	0.25-0.38
پرتولید High producing ²	0.40 (±0.04)	0.33-0.48	0.30 (±0.04)	0.23-0.38
کم‌سن Low age ³	0.49 (±0.04)	0.41-0.57	0.34 (±0.03)	0.28-0.42
سن‌بالا High age ⁴	0.31 (±0.03)	0.25-0.38	0.27 (±0.03)	0.21-0.34

1. 51 kg ≥, 2. 51 kg <, 3. 40 months ≥, 4. 40 months <, 5. Least squares means, 6. standard deviation, 7. Confidence Interval

آنها به ترتیب تا ۱۵ و ۱۰ درصد نسبت به زمانی که گاوها ابتدا تلقیح شده و سپس دوشیده شوند، افزایش خواهد یافت. این اختلاف در آبستنی، ممکن است به دلیل حساسیت بیشتر گاوهای شکم پایین و همچنین گاوهای پرتولید به تنشهای محیطی باشد. نتیجه تحقیق حاضر با نتیجه کلی پژوهش دیگری که در آن از ۷۰۸ رأس گاو هلشتاین واقع در منطقه شمال کشور که تحت شرایط تنش گرمایی بودند، مطابقت دارد (Rahbar et al., 2019). نتایج تحقیق مذکور نشان داد، گاوهایی که پس از دوشش تلقیح میشوند از احتمال نرخ آبستنی بالاتری برخوردارند، به طوری که تفاوت میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی کل گاوها در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش برابر با ۰/۱۲ بود. در حالی که این مقدار برای گاوهای پرتولید برابر با ۰/۲۵، گاوهای شکم اول برابر با ۰/۱۹ و در شرایط تنش گرمایی برابر با ۰/۱۳ برآورد شد ($P < 0.05$). در مطالعه حاضر، مقدار این تفاوت در حالت کلی برابر با ۰/۰۹ محاسبه شد که تقریباً مشابه پژوهش قبلی بود. همچنین برای گاوهای کمسن مقدار تفاوت میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی برابر با ۰/۱۵ به دست آمد که با نتایج حاصل از گاوهای شکم اول تقریباً برابر بود. اما نتایج تحقیق حاضر برای گاوهای پرتولید از لحاظ مقدار عددی متفاوت بود، به طوری که تفاوت میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش برابر با ۰/۱۰ برآورد شد. اختلاف عددی حاصل با پژوهش قبلی، ممکن است به دلیل اثر متقابل بین شرایط تنش گرمایی و زمان تلقیح باشد که بر میزان آبستنی گاوهای پرتولید، مؤثر بوده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که زمان تلقیح بر اساس دوشش، تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بر میزان آبستنی گاوهای هلشتاین ایجاد می‌کند، به طوری که تلقیح گاوها پس از دوشش، به ویژه در گروه گاوهای پرتولید (با میانگین رکورد شیر روزانه بیشتر از ۵۱ کیلوگرم) و گاوهای کمسن (با سن کمتر مساوی ۴۰ ماه) به دلیل کاهش اثر تنش شیردوشی در زمان تلقیح، موجب افزایش نرخ آبستنی گاوها می‌شود. گرچه دلایل فیزیولوژی مسئله نیاز به بررسی هورمون‌های تولید مثلی دارد، اما یافته‌های این تحقیق می‌توانند به عنوان راهکاری مناسب برای تلقیح گاوهای کمسن و پرتولید توصیه شوند تا نرخ باروری گله افزایش یابد.

نتایج نشان داد، تلقیح گاوها پس از دوشش، سبب افزایش شانس آبستنی نسبت به زمان تلقیح پیش از دوشش میشود، به طوری که گاوهای پرتولید با میانگین رکورد شیر روزانه بیشتر از ۵۱ کیلوگرم و گاوهای کمسن با سن کمتر مساوی ۴۰ ماه، حداکثر شانس آبستنی را در زمان تلقیح پس از دوشش داشتند. گرچه اطلاعات کمی در مورد عوامل فیزیولوژی آبستنی بالاتر در گاوهایی که پس از دوشش تلقیح شده‌اند، وجود دارد، اما به نظر میرسد که کاهش تنش و در نتیجه، کاهش غلظت کورتیزول به دلیل تخلیه شیر از پستان، میتواند یک عامل مؤثر در این امر باشد (Dirandeh et al., 2019). مطالعات نشان داده‌است که گاوهای تحت تنش، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال آنها با شدت بیشتری تحریک شده که در نتیجه، فشار عصبی-غددی و افزایش ترشح کورتیزول را به همراه خواهد داشت. این هورمون، موجب اختلال در سازوکارهای مرتبط با باروری مانند داشتن چرخه فحلی، آزادسازی تخمک مناسب و نهایتاً ایجاد آبستنی میشود (Cooke et al., 2009; Dobson and Smith, 2000). نتایج یک تحقیق نشان داد، کورتیزول از فرآیند تولید مثل ممانعت میکند، زیرا سبب کاهش در پاسخ گنادوتروپین به GnRH و فولیکولهای تخمدانی به LH میشود (Lucy et al., 2021). همچنین پژوهشی دیگر نشان داد که بین سطح کورتیزول و موفقیت در آبستنی گاوها ارتباط وجود دارد، به طوری که در گاوهای آبستن، میزان کورتیزول، کمتر است (Diniz et al., 2020). در تحقیقی دیگر، با مطالعه ۳۰۰ رأس گاو هلشتاین با رکورد شیر روزانه بیشتر از ۳۰ کیلوگرم گزارش کردند که نرخ آبستنی در گاوهایی که پس از شیردوشی تلقیح شدند، در مقایسه با پیش از شیردوشی، به طور معنی‌داری بالاتر بود که با نتایج تحقیق حاضر که در دو گله انجام شد، مطابقت دارد. آنها با اندازه‌گیری سطح هورمون کورتیزول خون دریافتند که میزان آن در زمان یک ساعت پس از شیردوشی، به طور معنی‌داری کمتر از زمان شیردوشی و قبل از آن خواهد بود. البته در این تحقیق، مقایسه‌های در مورد نرخ آبستنی گاوها در سنین مختلف بر اساس زمان تلقیح در پیش از و پس از دوشش صورت نگرفت (Dirandeh et al., 2019). در تحقیق حاضر، تفاوت میانگین حداقل مربعات نرخ آبستنی گاوها در زمان تلقیح پس از دوشش نسبت به پیش از دوشش برابر با ۰/۰۹ برآورد شد که میزان اختلاف در گاوهای کمسن و پرتولید به ترتیب برابر با مقدار ۰/۱۵ و ۰/۱ بود. به عبارت بهتر، اگر گاوها و به طور ویژه کمسنها و پرتولیدها در زمان تلقیح (با احتساب فاصله زمانی مناسب از علائم فحلی) ابتدا دوشیده شده و سپس تلقیح شوند، احتمال آبستنی

References

- Cooke, R. F., Aritington, J. D., Araujo, D. B., & Lamb, G. C. (2009). Effects of acclimation to human interaction on performance, temperament, physiological responses, and pregnancy rates of 339 Brahman-crossbred cows. *Journal of Animal Science*, 87, 4125–4132. DOI: 10.2527/jas.2009-2021.
- De Vries, A., & Risco, C. A. (2005). Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. *Journal of Dairy Science*, 88, 3155–3165. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72999-

- 4.
3. Diniz, J. V. A., Peixoto, R. M., Silva, L. O., Nogueira, M. M. B., de Freitas, R. R., Loureiro, B., Satrapa, R. A., & Oba, E. (2020). Fertility traits of recipient cows raised in the Amazon biome. *Livestock Science*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104147>. DOI: [10.1016/j.livsci.2020.104147](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104147)
4. Dirandeh, E., Ansari-Pirsaraei, Z., & Kazemifard, M. (2019). Comparing first service conception rate before and after milking in Holstein cows. *Research on Animal Production*, 10(25), 79-85. (In Persian)
5. Dobson, H., & Smith, R. F. (2000). What is stress, and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science*, 60–61, 743–752. DOI: [10.1016/s0378-4320\(00\)00080-4](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00080-4).
6. Dransfield, M. B. G., Nebel, R. L., Pearson, R. E., & Warnick, L. D. (1998). Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *Journal of Dairy Science*, 81, 1874-1882. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75758-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75758-3)
7. Evans, R., Buckley, P., & Berry, F. (2006). Trends in milk productions, calving rate and survival of cows in 14 Irish dairy herds as a result of the introgression of Holstein Friesian genes. *Journal of Animal Science*, 82, 423-434. DOI: [10.1079/ASC200660](https://doi.org/10.1079/ASC200660).
8. Garnsworthy, P. C., Lock, A., Mann, G. E., Sinclair, K. D., & Webb, R. (2008). Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 2. Dietary fatty acids and ovarian function. *Journal of Dairy Science*, 91, 3824-3833. DOI: [10.3168/jds.2008-1032](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1032).
9. González, R., Pe' rez, C., & Alenda, R. (2004). Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87, 3053-3061. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73438-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73438-4).
10. González, R., Chang, Y., Gianola, D., & Weigel, K. (2005). Number of inseminations to conception in Holstein cows using censored records and time-dependent covariates. *Journal of Dairy Science*, 88, 3655-3662. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73051-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73051-4).
11. Holtmark, M., Heringstad, P., & degard, J. (2008). Genetic relationship between culling, milk production, fertility, and health traits in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 4006–4012. DOI: [10.3168/jds.2007-0816](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0816).
12. Hou, Y., Madsen, P., Labouriau, R., Zhang, Y., Lund, M. S., & Su, G. (2009). Genetic analysis of days from calving to first insemination and days open in Danish Holsteins using different models and censoring scenarios. *Journal of Dairy Science*, 92, 1229-1239. DOI: [10.3168/jds.2008-1556](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1556).
13. Lima, F. S., Risco, C. A., Thatcher, M. J., Benzaquen, M. E., Archbald, L. F., Santos, J. E. P., & Thatcher, W. W. (2009). Comparison of reproductive performance in lactating dairy cows bred by natural service or timed artificial insemination. *Journal of Dairy Science*, 92, 5456-5466. DOI: [10.3168/jds.2009-2197](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2197).
14. Liu, Z., Jaitner, J., Reinhardt, F., Pasman, E., Rensing, S., & Reents, R. (2008). Genetic evaluation of fertility traits of dairy cattle using a multiple trait animal model. *Journal of Dairy Science*, 91, 4333-4343. DOI: [10.3168/jds.2008-1029](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1029).
15. López-Gatiús, F., García-Ispuerto, I., Santolaria, P., Yániz, J., Nogareda, C., & López-Béjar, M. (2006). Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology*, 65, 1678-1689. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2005.09.027](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.027).
16. Lucy, M. C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84, 1277-1293. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0).
17. Lucy, M. C., Garverick, H. A., & Spiers, D. E. (2021). Management Induced Stress in Dairy Cattle: Effects on Reproduction. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*, Academic Press, Pages, 913-919.
18. Miglior, F., Muir, B., & Van Doormaal, B. (2005). Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science*, 88, 1255-1263. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2).
19. Olynk, N., & Wolf, C. (2008). Economic analysis of reproductive management strategies on US commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 91, 4082-4091. DOI: [10.3168/jds.2007-0858](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0858).
20. Pacak, K., & Palkovits, M. (2001). Stress or specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocrinology Review*, 22, 502-548. DOI: [10.1210/edrv.22.4.0436](https://doi.org/10.1210/edrv.22.4.0436).
21. Rahbar, R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Abdollahpour, R., & Nejati-Javaremi, A. (2019). Can post-milking insemination increase conception rate in high-producing Holstein cows under heat stress? A retrospective study. *The Journal of Agricultural Science*, 157(3), 254-259. DOI: [10.1017/S0021859619000510](https://doi.org/10.1017/S0021859619000510).
22. SAS Institute Inc 2013. SAS/ACCESS® 9.4 Interface to ADABAS: Reference. Cary, NC: SAS Institute Inc.
23. Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G., Sullivan, P., & Van Doormaal, B. (2008). Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91, 1660-1668. DOI: [10.3168/jds.2007-0178](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0178).
24. Schefers, J. M., Weigel, K. A., Rawson, C. L., Zwald, N. R., & Cook, N. B. (2010). Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 93, 1459-1467. DOI: [10.3168/jds.2009-2015](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2015).
25. Schneider, P. D., Strandberg, E., Ducrocq, V., & Roth, A. (2005). Survival analysis applied to genetic evaluation for female fertility in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 2253-2259. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72901-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72901-5).
26. Van Raden, P., Sanders, H., Tooker, M., Miller, R., Norman, H., Kuhn, M., & Wiggans, G. (2004). Development of

- a national genetic evaluation for cow fertility. *Journal of Dairy Science*, 87, 2285-2292. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70049-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70049-1).
27. Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123, 127-138. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2010.12.001](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001).
28. Washburn, S. W., Silvia, C., Brown, B., Daniel, Mc., & McAllister, A. (2002). Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *Journal of Dairy Science*, 85, 244-251. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74073-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74073-3).
29. Windig, J., Calus, M., De Jong, D., & Veerkamp, R. (2005). The association between somatic cell count patterns and milk production prior to mastitis. *Livestock Production Science*, 96, 291-299. DOI: [10.1016/j.livprodsci.2005.02.009](https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.02.009).



The Influence of Temperature and Storage Time of Obtaining Eggs on Chick Birth in the Incubator

Ebrahim Babaahmady ^{1*}

Received: 09-01-2021
Revised: 27-10-2021
Accepted: 11-04-2022
Available Online: 11-04-2022

How to cite this article:

Babaahmady, E. (2023). The influence of temperature and storage time of obtaining eggs on chick birth in the incubator. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 603-609.
DOI: [10.22067/ijasr.2022.38288.0](https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.38288.0)

Introduction To characterize the affection of tempo and temperature with chill and without chill, as storeroom status for fecund eggs formerly to their incubation, you have to resort to a series of processes. What starts as a fertile egg on the breeder farm must end up being a healthy chick on the broiler farm. After the hen lays the egg, its quality can only worsen, it will never be the same, so we must pay attention to the transit between the laying of the hatching egg and the start of the incubation. Most of the causes that can influence the variability of hatchability or quality losses of the chick are caused by inadequate management of the egg handling processes before being hatched. Inadequate temperature and humidity control generally produce poor results. Inadequate control means that the temperature or humidity is too high or too low for long enough to interfere with the normal growth and development of the embryo. Poor results are also given due to inadequate ventilation, the inappropriate egg turns, and poor sanitation of machines or eggs. Obtain the best hatching by maintaining the temperature at 37.7 °C throughout the incubation period when using a forced-air incubator. Minor temperature fluctuations (less than ½ degree) above or below 37.7 °C are tolerated but do not allow temperatures to vary more than one degree. Prolonged periods of high or low temperatures will alter hatching success. High temperatures are especially dangerous. A forced-air incubator that is too hot tends to hatch early. One that is kept constantly cold tends to produce late hatching. In both cases the number of chicks that hatch will be reduced. Keep the air incubator still at 38.8 °C to compensate for temperature stratification within the incubator. Obtain the proper temperature reading by raising the thermometer bulb to the same height as the top of the eggs, when the eggs are placed horizontally. If the eggs are placed upright, raise the thermometer bulb to a point that is 0.6 to 1.2 cm and below the top of the eggs. Temperature is measured at the level where the embryos develop (at the top of the egg). Do not allow the thermometer bulb to touch the eggs or the incubator.

Materials and Methods A total of 720 eggs were taken at accidental from one-day operation. . There were also questions about the health and management of laying hens, including nutrition, disease and vaccination. In Ilam province, there is no hatchery and laying hen factory for hatching purposes. Behind having been chosen by their exterior characteristic and weight, the eggs were divided into 2 cures, previously the storeroom: In each cure, there were organized three groups of 120 eggs each, with 4, 7 and 10 days of storeroom respectively.

Results and Discussion The biological control took away: 1st inspection, at 6 days and 2nd inspection at 11 days (embryonic fatality, embryos with patulous, allantoides and embryos with shut allantoides) incubation ultimate, consequences. The consequences exhibit, that as for the embryonic fatality, the best conduct was made at the 4 days of the storeroom with the chill. The higher values communicated, to 10 days of storeroom without the chill. The best consequences for the prime category, chicks and whole born were in group one. Improper management in the use of incubators was another factor that contributed to the decline in the birth of first-class chicks. These defects in the work management of the incubator reflected high mortality between the ages of five

1- Assistant Professor, Department of Histology and Microbiology, Faculty of Para-Veterinarian, Ilam University, Ilam, Iran.

*Corresponding Author Email: ebrahim_12@yahoo.com, e.babaahmadi@ilam.ac.ir

and 18 days. In this case, as shown in table (3), fetal mortality rates on the 11th day were significantly lower and no significant differences were observed between them.

Conclusion It was concluded that storeroom without chill during 4 days touch to 5.5% the prime category, chicks taking. The eggs storeroom during 7 and 10 days without chill borne victims for the significance of embryonic fatality, of 20.5% and 75.8% respectively. Keeping fertilized eggs at normal room temperature during the first four days that caused fetal mortality in the first stage of incubation was up to five and a half percent effective in obtaining first-class chicks. We can use various techniques to make a “clean” egg look like, but what we do is risk making things worse. Sandpaper, sponges, damp cloths are used on farms to make them look clean but quickly contaminated. So we just make them look clean In addition to contaminating them, we cover pores, making the incubation process more difficult for the embryo. Laying or dirty eggs that are washed present hatch rates of up to 20% less than those that are clean and up to 7 times more chick mortality at the end of the first week.

Keywords: Group, Incubator, Keeping, Temperature eggs.

مقاله پژوهشی

جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۶۰۹-۶۰۳

تأثیر دما و زمان نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار بر تولد جوجه در دستگاه جوجه‌کشی

ابراهیم بابااحمدی*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲

چکیده

برای تعیین تأثیر زمان و دما، جهت نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار قبل از جوجه‌کشی بایستی به فن جوجه‌کشی صحیح متوسل شد، در غیر این صورت مرگ و میر نطفه خواهیم داشت. به دلیل عدم دسترسی به تخم مرغ تجاری از ۷۲۰ عدد تخم مرغ‌هایی، از پیش تعیین شده به‌عنوان شرایط نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار قبل از جوجه‌کشی بودند. پس از پیدا کردن و انتخاب تخم مرغ‌های با کیفیت و وزن کردن آن‌ها، تخم مرغ‌ها در دو گروه حرارتی تحقیقی قبل از نگهداری تقسیم شدند: در هر گروه عملیاتی، سه گروه ۱۲۰ تایی تشکیل شدند که به‌ترتیب چهار، هفت و ۱۰ روز نگهداری گردیدند. کنترل بیولوژیکی تخم مرغ‌ها در طول زمان جوجه‌کشی انجام شد و مشاهده اول تخم مرغ‌ها در شش روزگی در دستگاه جوجه‌کشی صورت گرفت که شاخص‌هایی مثل مرگ و میر جنینی، وجود جنین‌هایی با رشد طبیعی و وجود جنین‌هایی با رشد ضعیف رؤیت گردیدند. همچنین مشاهده دوم تخم مرغ‌ها در ۱۱ روزگی در دستگاه جوجه‌کشی صورت گرفت. نتایج نشان داد که از نظر مرگ و میر جنینی، بهترین گروه عملیاتی در گروه نگهداری چهار روزگی در شرایط سرما و بالاترین مقادیر مربوط به گروه عملیاتی در گروه نگهداری ۱۰ روزگی در شرایط دمای معمولی اتاق بود. نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار در شرایط دمای معمولی اتاق به‌مدت چهار روز، تا پنج و نیم درصد در به‌دست آوردن جوجه‌های درجه اول تأثیر داشت و خوب بود و نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار در شرایط دمای معمولی اتاق به‌مدت هفت و ۱۰ روزگی به‌ترتیب باعث تلفات مرگ و میر جنینی تا ۲۰/۵ و ۷۵/۸ درصد شدند.

واژه‌های کلیدی: تخم مرغ‌ها، درجه حرارت، دستگاه جوجه‌کشی، گروه، نگهداری.

مقدمه

دستگاه جوجه‌کشی، می‌تواند تأثیر چشمگیری بر درصد تولد جوجه‌ها داشته باشد. در مطالعات انجام شده با استفاده از شرایط دما و رطوبت توصیه شده و مدت زمان نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار بیش از ۲۵ روز، کاهش قابل توجهی در تولد جوجه‌ها مشاهده شد (Collins K. et al., 2014).

همچنین کارلوس سولانو (Carlos solano, 2016)، تأکید کرد که تخم مرغ‌های نطفه‌دار، با بیش از ۱۴ روز در شرایط انبار نگهداری شده، از چهار روزگی شروع به کاهش قدرت در جوجه درآوری تا چهار درصد در دستگاه جوجه‌کشی را دارند. در بیشتر کشورها، استانداردهای فنی دستگاه جوجه‌کشی که تصویب می‌شوند، در روش انتخاب و نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار بسیار توجه می‌کنند. با این حال، گاهی اوقات نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار به دلیل کمبود انبار در مزارع پرورش مرغ‌های تخم‌گذار یا کارخانه‌های جوجه‌کشی به‌درستی انجام

تخم مرغ‌های نطفه‌دار در مزارع پرورش‌دهنده، لزوماً از یک تا چهار روزگی نگهداری می‌شوند و سپس در داخل دستگاه جوجه‌کشی قرار می‌گیرند. ورود تخم مرغ‌های نطفه‌دار به داخل دستگاه جوجه‌کشی روزانه انجام نمی‌شود (Swann et al., 1990). شرکت‌های بسیار معتبر تولیدکننده جوجه‌های یک روزه در جهان قبل از جوجه‌کشی، توجه زیادی به دست‌کاری تخم مرغ‌های نطفه‌دار و فنون نگهداری آن‌ها دارند، زیرا تخم مرغ‌ها هنگام نگهداری نادرست در ترکیبات شیمیایی خود دچار تغییراتی می‌شوند که در فرآیند دستگاه جوجه‌کشی بر آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد و نتایج خوب به‌دست نمی‌آید (French, 1997).

دما، رطوبت و مدت زمان نگهداری تخم مرغ‌های نطفه‌دار برای

۱-استادیار، گروه بافت‌شناسی و میکروبیولوژی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

(Email: ebrahim_12@yahoo.com

* - نویسنده مسئول:

وجود ندارد. پس از انتخاب و خرید تخم‌مرغ‌ها و مشاهده کیفیت خارجی و ارزیابی وزن آن‌ها، قبل از نگهداری در دو گروه عملیاتی تقسیم شدند، (جدول ۱).

همه تخم‌مرغ‌ها به‌طور هم‌زمان، روز بارگیری دستگاه جوجه‌کشی از انبار و محل نگهداری بیرون آورده شدند، متعاقباً آن‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق، قبل از گذاشتن در دستگاه جوجه‌کشی یک مرحله پیش گرمایی را دریافت کردند. هر گروه در سینی‌های دستگاه جوجه‌کشی از گروه یک تا گروه شش تعیین هویت شدند و هر کدام از سینی‌ها با ۱۲۰ تخم‌مرغ در دستگاه جوجه‌کشی قرار گرفتند. دستورالعمل جوجه‌کشی مورد استفاده یکی از مواردی بود که در راهنمای فنی جوجه‌کشی م‌صنوعی مطالعه شد (Carlos solano, 2016).

نمی‌شود و هدف از این پژوهش تأثیر زمان و دمای تعیین شده (در شرایط سرما و دمای معمولی اتاق) به‌عنوان شرایط نگهداری تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار قبل از جوجه‌کشی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با دستگاه‌های جوجه‌کشی خانگی در شهرستان ایلام انجام شد. در مجموع، ۷۲۰ تخم‌مرغ از سه روستا که از قبل با آن‌ها قرار گذاشته شد به‌طور تصادفی در یک روز تولید، جمع‌آوری گردیدند. در ضمن سؤال‌هایی از وضعیت بهداشت و مدیریت مرغان تخم‌گذار از جمله تغذیه، بیماری‌ها و واکسیناسیون به عمل آمد. در استان ایلام کارخانه جوجه‌کشی و پرورش مرغ تخم‌گذار جهت اهداف جوجه‌کشی

جدول ۱- تقسیم‌بندی گروه‌ها

Table 1 - Division of groups

گروه‌ها Groups	شرایط نگهداری تخم‌مرغ‌ها Eggs storage conditions	زیرگروه‌ها Subgroups	روزهای نگهداری Maintenance days
	دمای مکان Local temperature	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	تعداد تخم‌مرغ‌ها The number of eggs
	دمای مکان Local temperature	دمای (درجه سلسیوس) Temperature (°C)	مکان مناسب Right place
گروه عملیاتی اول The first operational group	دمای سرد Cold temperature	16-17	75-80
			120
			120
			120
گروه عملیاتی دوم The second operational group	دمای اتاق Room temperature	25-32	55-65
			120
			120
			120

ششم انجام شد و عبارت از مرگ و میر جنین در شش روز اول، جنین‌هایی که دارای رشد طبیعی و جنین‌هایی که دارای رشد ضعیف بودند.

کنترل بیولوژیکی انجام شده در مدت زمان دوره جوجه‌کشی شامل مشاهدات و بررسی مرحله دوم بودند که این کار در روز یازدهم انجام شد و عبارت از مرگ و میر جنین در روز یازدهم، جنین‌هایی که دارای آلت‌توتیس‌های باز و جنین‌هایی که دارای آلت‌توتیس‌های بسته بودند.

توجه نهایی مدت زمان دوره جوجه‌کشی عبارت از کل جوجه‌های متولد شده، جوجه‌های درجه یک، جوجه درجه دوم و جوجه‌های متولد نشده بودند.

یافته‌ها از نظر تجزیه و تحلیل آماری و بررسی مقادیر معنی‌دار یافته‌های به‌دست آمده توسط آزمون مقایسه میانگین‌ها و آزمون دانکن از نرم افزار SPSS، ۲۲ استفاده شد و نتایج به صورت جداول و به‌صورت میانگین خطای استاندارد، ارائه شدند و میزان ($P < 0.05$) به‌عنوان سطح معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

در جدول‌های دو و سه، نتایج کنترل بیولوژیکی را در مشاهدات و بررسی‌های اول و دوم که در روز ششم و روز یازدهم صورت گرفت و همچنین نتایج نهایی دستگاه جوجه‌کشی در جدول ۴ را نشان می‌دهند.

کنترل بیولوژیکی انجام شده در مدت زمان دوره جوجه‌کشی شامل مشاهدات و بررسی‌های مرحله اول بودند که این کار در روز

جدول ۲- نتایج کنترل بیولوژیکی در مشاهده و بررسی اول در روز ششم تخم‌مرغ‌ها در دستگاه جوجه‌کشی

Table 2- Biological control results in the first observation and examination on the sixth day of eggs in the incubator

گروه عملیاتی شرایط دمایی Operating group temperature conditions	شرایط دمایی سرد Cold temperature conditions			شرایط دمایی معمولی اتاق Normal room temperature conditions			انحراف استاندارد The standard deviation	خطای استاندارد Standard error
	4	7	10	4	7	10		
زمان نگهداری به‌روز Operating group temperature conditions	4.72 ^d	9.16 ^c	15.2 ^b	10.0 ^c	20.5 ^b	75.8 ^a	0.41	2.2
	2.77 ^{ad}	2.77 ^{ac}	0.83 ^{bcd}	2.77 ^{ab}	3.6 ^a	4.16 ^a	0.16	0.87
	92.5 ^a	88.05 ^b	83.88 ^b	87.22 ^b	75.83 ^c	20.0 ^a	0.43	2.29

حروف غیرمشابه در هر ردیف، اختلاف آماری معنی‌داری $p < 0.05$ را نشان می‌دهد.

Dissimilar letters in each row show a statistically significant difference of $p < 0.05$.

جدول ۳- نتایج کنترل بیولوژیکی در مشاهده و بررسی دوم در روز یازدهم تخم‌مرغ‌ها در دستگاه جوجه‌کشی

Table 3- Biological control results in the second observation and examination on the eleventh day of eggs in the incubator

گروه عملیاتی شرایط دمایی Operating group temperature conditions	شرایط دمایی سرد Cold temperature conditions			شرایط دمایی معمولی اتاق Normal room temperature conditions			انحراف استاندارد The standard deviation	خطای استاندارد Standard error
	4	7	10	4	7	10		
زمان نگهداری به‌روز Maintenance time of day	1.66 ^b	1.66 ^b	22.2 ^b	1.94 ^b	2.5 ^{ab}	5.0 ^a	0.15	0.82
	4.4 ^{ab}	2.22 ^{bc}	3.8 ^{ac}	3.33 ^c	6.66 ^a	3.33 ^{bc}	0.19	0.3
	89.16 ^a	86.94 ^a	78.61 ^b	84.72 ^a	70.7 ^c	15.83 ^d	0.45	3.9

حروف غیرمشابه در هر ردیف، اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) را نشان می‌دهد.

Dissimilar letters in each row show a statistically significant difference of ($p < 0.05$).

جدول ۴- نتایج نهایی گروه‌های حرارتی تحقیقی دستگاه جوجه‌کشی

Table 4- The final results of groups in the incubator

گروه عملیاتی شرایط دمایی Operating group temperature conditions	شرایط دمایی سرد Cold temperature conditions			شرایط دمایی معمولی اتاق Normal room temperature conditions			انحراف استاندارد The standard deviation
	4	7	10	4	7	10	
زمان نگهداری به‌روز Maintenance time of day	90.5 ^a	81.66 ^b	72.22 ^c	5.55 ^b	63.88 ^d	10.27 ^e	0.46
	4.05 ^c	7.5 ^b	10.27 ^{ab}	2.5 ^c	13.05 ^a	8.88 ^b	0.25
	90.0 ^a	80.55 ^b	69.72 ^c	84.44 ^b	60.55 ^d	6.11 ^e	0.47
	0.55 ^{cd}	1.11 ^{bc}	2.5 ^{ab}	1.11 ^{bd}	3.33 ^a	4.16 ^a	0.14

حروف غیرمشابه در هر ردیف، اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) را نشان می‌دهد.

Dissimilar letters in each row show a statistically significant difference of ($p < 0.05$).

بحث

البته با وجود تفاوت‌های معنی‌داری که بین این گروه و سایر گروه‌های دیگر مشاهده شد و بالاترین مقادیر از نظر میزان مرگ و میر جنینی، پس از ۱۰ روز از نگهداری آن‌ها در شرایط دمایی اتاق به‌دست آمد. شرایط بهینه نگهداری تخم‌مرغ‌ها قبل از جوجه‌کشی توسط چندین نویسنده گزارش شدند که میزان نگهداری تخم‌مرغ‌ها را از یک

داده‌های آماری نتایج کنترل بیولوژیکی در مشاهده و بررسی اول در روز ششم تخم‌مرغ‌ها در دستگاه جوجه‌کشی در جدول ۲ نشان می‌دهند که بهترین نتایج کاهش از نظر میزان مرگ و میر جنینی، پس از چهار روز از نگهداری آن‌ها در شرایط دمایی سرد به‌دست آمد،

جنینی در مشاهده و بررسی روز یازدهم، کم به دست آمد و تفاوت معنی‌داری در بین آن‌ها نشان داده نشد.

نتیجه‌گیری کلی

بهترین نتایج در فرآیند جوجه‌کشی تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار در نگهداری آن‌ها داخل اتاق تهویه مطبوع، فقط در طول چهار روز اول بود. نگهداری تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار به مدت هفت و ۱۰ روز در شرایط دمایی معمولی اتاق باعث تلفات مرگ‌ومیر جنینی در مرحله اول جوجه‌کشی به ترتیب ۲۰/۵ و ۷۵/۸ درصد شدند و نگهداری تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار در شرایط دمایی معمولی اتاق در طول چهار روز اول که باعث تلفات مرگ‌ومیر جنینی در مرحله اول جوجه‌کشی شدند تا ۵/۵ درصد در به دست آوردن جوجه‌های درجه یک تأثیرگذار بودند. امروزه می‌توان از فنون مختلفی برای به دست آوردن یک تخم مرغ "تمیز" استفاده کرد، اما کاری که انجام می‌شود خطر بدتر شدن اوضاع است. علاوه بر آلوده کردن آن‌ها، منافذ تخم‌مرغ پوشانده می‌شوند و روند جوجه‌کشی را برای جنین هدفی دشوار می‌گرداند. تخم‌مرغ‌های درشت یا کثیف که شسته می‌شوند، در حال حاضر میزان تخم‌مرغ را تا ۲۰ درصد، کمتر از تخم‌مرغ‌هایی که تمیز هستند و تا هفت برابر مرگ‌ومیر جوجه در پایان هفته اول وجود دارد.

تشکر و قدردانی

از همکاری آقای عقیل سوخان‌افزا که در بخش خصوصی تولید جوجه یک‌روزه با دستگاه‌های برقی فعالیت می‌کند، کمال تشکر را می‌نمایم.

تا هفت روز و دمای ۲۰-۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵ درصد را ذکر کردند (Primmett et al., 1988).

اگر مدت نگهداری تخم‌مرغ‌ها از ۱۵-۸ روز باشد، دمای هوا بایستی از ۱۶-۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد باشد. مرگ و میر زیاد جنین‌ها بین یک تا چهار روزگی در طول دوره جوجه‌کشی، از دیگر عوامل ناشی دمای اتاق تخم‌مرغ‌ها و رطوبت نسبی محل و زمان نگهداری آن‌ها بود (Collins K. et al., 2014)، حتی تلفات چهار درصدی در روز چهارم طول دوره جوجه‌کشی گزارش شد (Rute et al. 2014). همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شد، مشاهده می‌شود که مقادیر جوجه‌های درجه اول و کل جوجه‌های متولد شده در گروه شماره یک نسبت به بقیه گروه‌ها (پنج گروه) به‌طور قابل‌توجهی بالاتر بود، اما در مورد گروه شماره چهار این اختلاف تا پنج درصد، درحالی‌که برای گروه شماره دو حداکثر تا نه درصد بودند. نتایج به دست آمده در گروه شماره یک با مطالعات انجام شده مطابقت دارد و در آن بیان شده که در شرایط بهینه دما، رطوبت نسبی و نگهداری تخم‌مرغ‌ها کمتر از چهار روز، باید بیش از ۸۵ درصد جوجه‌های سالم به دست آورده شود (French, 1997). مقادیر به دست آمده در بقیه گروه‌ها به دلیل تأثیر شرایط نگهداری تخم‌مرغ‌ها بود که همان‌طور که مطرح گردید (Ho, D. 2008) با عدم تضمین شرایط بهینه نگهداری تخم‌مرغ‌ها، باعث کاهش وزن و کاهش رشد جوجه‌ها گردیدند (Decuypere and Michels, 2007).

مدیریت نادرست در استفاده از دستگاه جوجه‌کشی یکی دیگر از عواملی بود که به عنوان عامل ایجادکننده کاهش در تولد جوجه‌های درجه یک شد (Amos, 2009; Braz and Poult, 2003). این نواقص در مدیریت کار دستگاه جوجه‌کشی، منعکس‌کننده مرگ و میر زیاد در جنین‌های بین پنج تا ۱۸ روزگی شد (French, 1997). در این حالت، همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شد، مقادیر مرگ و میر

References

1. Primmett, D.R.N., Stern, CD., & Keynes, R.J. (1988). Heat shock causes repeated segmental anomalies in the chick embryo. *Journal of Morphology*, 244(2), p. 81. <https://doi.org/10.1242/dev.104.2.331>
2. Swann, G.S., & Brake, j. (1990). Effect of incubation dry-bulb and wet-bulb temperatures on time of hatch and chick weight at hatch. *The Auk*, 114, (3), p. 381. <https://doi.org/10.3382/ps.0690887>
3. French, N.A., (1997). Modeling incubation temperature: The effects of incubator design, embryonic development and egg size. *Journal of Experimental Biology*, 211(10), p. 1535. <https://doi.org/10.1093/ps/76.1.124>
4. Braz, J., N. Poult. (2003). Effect of temperature on incubation period, embryonic mortality, hatch rate, egg water loss and partridge chick weight. *Brazilian Journal of Poultry Science Revista Brasileira de Ciência Avícola*. May - Aug / v.5 / n.2/ 131 – 135. DOI:10.1590/S1516-635X2003000200007
5. Decuypere, E., & Michels, H. (2007). Incubation temperature as a management tool. *British Poultry Science*, 49, (5), p. 566. <https://doi.org/10.1079/WPS19920004>
6. Ho, D. (2008). Morphological and physiological developmental consequences of parental effects in the chicken embryo. *Avian Biology Research*, 4, (4), p. 224.
7. Amos, Ar., Deeming, D.C., & Ferguson, W. J. (2009). Roles of water in avian eggs. *Cambridge University Press*: 282, (7), p. 1066. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511585739.015>

8. Collins, K., Mclendon, B. L & Wilson, J. (2014). Egg characteristics and hatch performance of Athens Canadian random bred 1955 meat-type chickens and 2013 cobb 500 broilers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 52(2), p. 91. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03895>
9. Rute, M. N., António, C., Menezes & C., Peleteiro. (2014). Influence of Temperature and Humidity Manipulation on Chicken Embryonic Development. *Zoo Biology*, 18, (5), p. 403.
10. Carlos solano. (2016). Manejo de huevos fértiles para incubación. *Ecological Genetics and Physiology*, 323, (9), p. 607.

Contents

Ruminant Nutrition

- Evaluation of the Effects of Copper Nanoxide and Celmanax Prebiotic on Growth Performance and Blood Cell Count in Holstein Suckling Calves** 459

Vahid Vahedi, Nazileh Balapour, Taher Yalchi, Sayyad Seifzadeh, Jamal Seifdavati

- Effect of Short-Term Supplementation of N-3 PUFA on the Acute Phase Response of Holstein Calves** 471

Saeid Kamel Oroumieh, Reza Valizadeh, Abbas Ali Naserian

- Effect of Harvest Stage and Ratio of Forage Sorghum to Corn Silage on Its Nutritional Value and Degradability** 487

Nafiseh Rahmanian Sharifabad, Ehsan Salehifar, Alireza Foroghi

- Effect of Free-Choice Provision of Alfalfa, *Prangos ferulacea* and Concentrate on Digestibility and Feeding Behavior of Arab Male Lambs** 505

Vida Aryamanesh, Mohsen Sari, Morteza Chaji, Mohammad Boojarpour, Somayyeh Salari

- Fitting of some Nonlinear Models for Predicting Ruminal Fermentation Kinetics in Different Forages** 519

Khalil Zaboli, Saeid Moradi

Poultry Nutrition

- Effects of L-Carnitine and Emulsifier in Low Energy Diets on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Biochemical Parameters and Meat Oxidative Stability of Broiler Chickens** 531

Ali Shahmoradi, Shokoufe Ghazanfari, Seyed Davood Sharifi

- Effect of Different Levels of Pellet Binder and Poultry by-Product Meal on Performance, Carcass Quality and Serum Parameters of Broiler Chicken** 549

Hasan Reza Choopani, Mohsen Mojtahedi, Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Seyyed Ehsan Ghiasi

- Effect of Lysophospholipid (LPLs) Supplementation in Diets Differing in Fat Sources on Blood Parameters, Intestinal Morphology, Ceca Microbiome and Performance in Broiler Chicks during Starter Period** 565

Ali Akbar Salari, Abolghasem Golian, Ahmad Hassanabadi

- The effect of Dietary L-carnitine on Semen Quality Parameters and Gonadosomatic and Hepatosomatic Indexes in Broiler Breeder** 583

Vahid Mohammadi, Seyed Davood Sharifi, Mohsen Sharafi, Abdollah Mohammadi-Sangcheshmeh

Physiology

- Effect of Insemination Time in Pre- and Post-Milking on Pregnancy Rate of Isfahan Holstein Cows** 593

Rabie Rahbar

Others

- The Influence of Temperature and Storage Time of Obtaining Eggs on Chick Birth in the Incubator** 603

Ebrahim Babaahmady



Ferdowsi University
of Mashhad

Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 14 No. 4

2023

ISSN:2008-3106

Contents

Ruminant Nutrition

Evaluation of the Effects of Copper Nanoxide and Celmanax Prebiotic on Growth Performance and Blood Cell Count in Holstein Suckling Calves 459
Vahid Vahedi, Nazileh Balapour, Taher Yalchi, Sayyad Seifzadeh, Jamal Seifdavati

Effect of Short-Term Supplementation of N-3 PUFA on the Acute Phase Response of Holstein Calves471
Saeid Kamel Oroumich , Reza Valizadeh, Abbas Ali Naserian

Effect of Harvest Stage and Ratio of Forage Sorghum to Corn Silage on Its Nutritional Value and Degradability 487
Nafiseh Rahmanian Sharifabad, Ehsan Salehifar, Alireza Foroghi

Effect of Free-Choice Provision of Alfalfa, *Prangos ferulacea* and Concentrate on Digestibility and Feeding Behavior of Arab Male Lambs 505
Vida Aryamanesh, Mohsen Sari, Morteza Chaji, Mohammad Boojarpour, Somayyeh Salari

Fitting of some Nonlinear Models for Predicting Ruminal Fermentation Kinetics in Different Forages.. 519
Khalil Zaboli, Saeid Moradi

Poultry Nutrition

Effects of L-Carnitine and Emulsifier in Low Energy Diets on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Biochemical Parameters and Meat Oxidative Stability of Broiler Chickens 531
Ali Shahmoradi, Shokoufe Ghazanfari, Seyed Davood Sharifi

Effect of Different Levels of Pellet Binder and Poultry by-Product Meal on Performance, Carcass Quality and Serum Parameters of Broiler Chicken..... 549
Hasan Reza Choopani, Mohsen Mojtahedi, Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Seyyed Ehsan Ghiasi

Effect of Lysophospholipid (LPLs) Supplementation in Diets Differing in Fat Sources on Blood Parameters, Intestinal Morphology, Ceca Microbiome and Performance in Broiler Chicks during Starter Period..... 565
Ali Akbar Salari, Abolghasem Golian, Ahmad Hassanabadi

The effect of Dietary L-carnitine on Semen Quality Parameters and Gonadosomatic and Hepatosomatic Indexes in Broiler Breeder..... 583
Vahid Mohammadi, Seyed Davood Sharifi, Mohsen Sharafi, Abdollah Mohammadi-Sangcheshmeh

Physiology

Effect of Insemination Time in Pre- and Post-Milking on Pregnancy Rate of Isfahan Holstein Cows..... 593
Rabie Rahbar

Others

The Influence of Temperature and Storage Time of Obtaining Eggs on Chick Birth in the Incubator 603
Ebrahim Babaahmady