دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبيعي ساري
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

اثر کربن فعال بر فرآسنجه‌های تخمیری و پذیری جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین B_1 با استفاده از میکروارگانیسم‌های جدا شده از شکمبه در شرایط برون‌تنی

ذبیح اله نعمتی[۱]، رشید صفری[۲] و مقصود بشارتی[۳]

۱- دانشیار دانشگاه تبریز، (نویسنده مسوول: znnemati@yahoo.com)
۲- استادیار دانشگاه تبریز
۳- دانشیار دانشگاه تبریز

تاریخ ارسال: ۹۸/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۶
صفحه: ۹۰ تا ۱۰۰

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیرگذاری کربن فعال بر کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین بر تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی جیره غذایی انجام گرفت. آزمایش با فرض امکان کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین به‌واسطه کربن فعال در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار در هر تیمار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره پایه (شاهد)، ۲- جیره پایه + متانول ، ۳- جیره غذایی آلوده با متانول حاوی آفلاتوکسین به‌میزان ۸۰۰ نانوگرم در میلی‌لیتر مایع شکمبه، ٤- جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین + هفت میلی‌گرم کربن فعال در ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک، ٥- جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین + ۷۵ میلی‌گرم کربن فعال در ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک، ٦- جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین + ۱۵۰ میلی‌گرم کربن فعال در ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک بودند. برای اندازه‌گیری میزان تولید گاز و قابلیت هضم، از شیشه‌های با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر به‌روش کشت ثابت استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار آفلاتوکسین سبب کاهش معنی‌داری در تولید گاز، قابلیت هضم ماده خشک و آلی شد و با اضافه‌کردن سطوح مختلف کربن فعال، تولید گاز و قابلیت هضم ماده خشک و آلی افزایش یافت. غلظت نیتروژن آمونیاکی در گروه آفلاتوکسین حداکثر بود و با افزودن سطوح افزایشی کربن فعال غلظت آن کاهش یافت. عامل تفکیک، تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی به‌طور مشخص در گروه آفلاتوکسین کمترین مقدار بود و با افزودن کربن فعال، افزایش یافتند. می‌توان نتیجه گرفت کربن فعال به‌عنوان توکسین بایندر عمل کرده و قادر است اثرات منفی آفلاتوکسین بر تخمیر شکمبه‌ای را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: آفلاتوکسین، تجزیه‌پذیری و ماده آلی، تولید گاز، کربن فعال، قابلیت هضم

مقدمه

آلودگی مایکوتوکسین در خوراک دام یک مشکل جهانی است و در میان مایکوتوکسین‌ها، آفلاتوکسین‌ها یکی از خطرناک‌ترین سموم در خوراک‌های حیوانی، در سراسر جهان می‌باشند (۳۸،۵۲). آفلاتوکسین‌ها مشتق شده از دیفوروکومارین هستند که توسط گونه‌های مختلف سمی آسپرژیلوس ساخته می‌شوند. از نظر شیمیایی، آفلاتوکسین‌ها دارای ساختار دیفوروکومارین بوده و شامل دو کلاس اصلی دیفوروکومارولاکتون(آفلاتوکسین G_1 و G_2) و دیفوروکوماروسیکلوپنتنون (آفلاتوکسین B_1، B_2، B_2A، M_1، M_2، M_2A و آفلاتوکسیکول) هستند. سمی‌ترین و فراوان‌ترین نوع آفلاتوکسین B_1 می‌باشد (۲۳) که مواد خوراکی را در مزرعه یا انبار آلوده می‌کند و مصرف آن‌ها سبب مسمومیت چندگانه سیستم ایمنی، کبد، سرطان‌زایی و اختلالات ژنتیکی در انسان و حیوان می‌شود (۳۷،۲۶،۵،۴، ۴۵). آفلاتوکسین B_1 سبب خسارت اقتصادی شدید و مشکلات سلامتی در پرورش گاو شیری می‌شود چون آفلاتوکسین B_1 به‌مقدار جزئی توسط میکرو ارگانیسم‌های شکمبه تجزیه شده و مابقی آن در کبد به آفلاتوکسین M_1 تبدیل و در نهایت به شیر وارد می‌شود (۳۳). نرخ تبدیل آفلاتوکسین B_1 از خوراک به آفلاتوکسین M_1 شیر ۰/۰۱ الی ۰/۰۲ گزارش شده است (۵۲) بر همین اساس اتحادیه اروپا حد مجاز آفلاتوکسین B_1 در خوراک و جیره گاو شیری را به‌ترتیب ۲۰ و پنج میکروگرم در کیلوگرم (۷) و حداکثر سطح مجاز آفلاتوکسین M_1 در شیر را ۰/۰۵ میکروگرم در کیلوگرم اعلام کرده است (۸). مطالعات قبلی بیان داشتند که آفلاتوکسین B_1 با کاهش تجزیه سلولز (۱۴) و قابلیت هضم ماده خشک (۲) و تأثیر بر نرخ تولید و تولید تجمعی گاز مقدار تولید گاز شکمبه‌ای را کاهش می‌دهد (۵۳،۲۵).

رویکرد اخیر برای سم‌زدایی محصولات آلوده به آفلاتوکسین‌ها به‌منظور کاهش جذب آن‌ها از دستگاه گوارش و انتقال آن به فراورده‌های دامی، استفاده از جاذب‌ها در جیره غذایی است (۴۰،۳۹). در انتخاب جاذب‌ها باید به‌عواملی همچون هزینه کم، ایمن بودن و سهولت استفاده از آن در خوراک حیوانات توجه نمود (۴۶،۲۷،۱۱،۳). مواد جاذب با اتصال به سموم از جذب آن‌ها در دستگاه گوارش جلوگیری می‌کنند (۴۲،۴۰). با این حال بیشتر جاذب‌های مطالعه‌شده برای صاحبان مزارع پرورش کوچک در کشورهای در حال توسعه صرفه اقتصادی ندارد و روی آوردن به جاذب‌های بومی و قابل دسترس برای آن‌ها از قبیل بنتونیت، کربن فعال و فولر حائز اهمیت است (۳۴). کربن فعال یکی از جاذب‌های عالی، است که طی عمل فرآوری بر روی زغال به‌شکل کریستالی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

با ساختار دارای منافذ زیاد و سطح خیلی زیاد برای واکنش شیمیایی و جذبی تولید می‌شود (۱). نسبت سطح به جرم کربن فعال از ۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مربع بر گرم متفاوت است و از آن می‌توان به‌عنوان باندکننده موثر برای طیف وسیعی از مواد سمی و دارویی استفاده کرد (۱۲). کربن فعال به‌عنوان یک ماده افزودنی شیمیایی، توانایی جذب مواد آلی، غیرآلی و ذرات کلوییدی را دارد و در جیره نشخوارکنندگان به‌عنوان ضد سم قابلیت استفاده دارد. در آزمایشی نشان دادند که کربن فعال، قابلیت بالایی در جذب آفلاتوکسین B_1 در شرایط آزمایشگاهی و حیوان زنده دارد (۱۸،۱۶). بنابراین آزمایش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف کربن فعال بر کاهش اثرات منفی آفلاتوکسین B_1 بر فرآسنجه‌های تخمیری شکمبه و همچنین اثر آن بر قابلیت هضم ماده خشک و آلی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تبریز انجام گرفت. مایع شکمبه از سه رأس گوسفند دارای فیستوله که میانگین وزن زنده آن‌ها ۴۰ کیلوگرم بود، استخراج شد. در جدول ۱ ترکیب جیره غذایی آورده شده است. گوسفندها در دو وعده غذایی و صبح و عصر تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره پایه (شاهد بدون متانول)، ۲- جیره پایه + متانول (شاهد با متانول)، ۳- جیره پایه + متانول حاوی ۸۰۰ نانوگرم در میلی‌لیتر مایع شکمبه (جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین)، ۴- جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین + سطح یک کربن فعال (هفت میلی‌گرم برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک) ۵- جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین + سطح دو کربن فعال (۷۵ میلی‌گرم برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک) و ۶- جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین + سطح سه کربن فعال (۱۵۰ میلی‌گرم برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک) بودند.

به‌منظور تولید آفلاتوکسین یک ظرف حاوی سویه استاندارد قارچ Aspergillus Parasiticus NRLL 2999 تهیه و روی محیط کشت دکستروز آگار حاوی سیب‌زمینی (potato dextrose agar) در محیط آزمایشگاهی و به‌روش درون شیشه‌ای تحت شرایط استریل کشت گردید. سوسپانسیون اسپور با غلظت $۶/۵\times۱۰^{۶}$ از رشد قارچ‌ها تهیه و مقدار دو میلی‌لیتر از آن به‌داخل فلاسکی که حاوی محیط کشت استریل بود، افزوده شد. محیط کشت تلقیح شده با اسپور قارچی به‌مدت پنج روز و در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد، در داخل انکوباتور شیکر قرار داده شد. محیط کشت تهیه شده در آون خشک و سپس میزان آفلاتوکسین B_1 آن به‌روش کروماتوگرافی با عملکرد بالا اندازه‌گیری شد (۳۷). بر اساس غلظت آفلاتوکسین تولیدی (جدول دو)، مقدار مورد نیاز در اتانول حل و تیمارها تهیه شد.

برای تولید گاز در آزمایشگاه و شبیه‌سازی محیط شکمبه از روش منک استفاده شد (۳۲). قبل از تغذیه صبح، از دام‌های دارای فیستولای شکمبه‌ای مایع شکمبه تهیه و با پارچه پنیر سازی صاف شد و پس از افزودن گاز دی‌اکسیدکربن در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در حمام بن‌ماری تا رسیدن به آزمایشگاه نگهداری شد. بزاق مصنوعی نیز در شرایط آزمایشگاهی و بی‌هوازی به‌روش مکدوگال تولید و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۳۰). سپس مایع شکمبه و بزاق مصنوعی با نسبت یک به دو مخلوط گردید. در این روش با استفاده از آسیاب با قطر منافذ یک میلی‌متر، جیره غذایی به‌صورت یکنواخت آسیاب و مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم در درون ظروف شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. تیمارهای آزمایشی شامل آفلاتوکسین و سطوح مختلف کربن فعال به داخل آن‌ها افزوده شد و سپس مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه داخل هر ظرف ریخته شد. حجم گاز تولیدی در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲، ۸۴، ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون اندازه‌گیری شد. میانگین گاز تولیدی در ظروف فاقد جیره آزمایشی، از ظروف دارای تیمارهای آزمایشی کم شده و از این طریق حجم خالص گاز به‌دست آمد. حجم گاز تولیدی برای یگ گرم نمونه بر اساس وزن نمونه‌ها در هر زمان با استفاده از رابطه (۱) تصحیح شد:

رابطه (۱) $V= (V_t-V_b) \times 1000/W$

رابطه (۲) $P= b\ (1-e^{-ct})$

که طبق این رابطه V برابر با حجم گاز تصحیح‌شده بر حسب میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم ماده خشک، V_t حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر، V_b حجم گاز تولید شده در شیشه‌های فاقد نمونه ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن نمونه ماده غذایی بر حسب میلی‌گرم ماده خشک بود. از طریق رابطه (۲) حجم گاز تولیدی و نرخ تولید گاز به‌دست آمد که در این رابطه P: حجم تولید گاز در زمان t به‌صورت تجمعی c: ثابت نرخ تولید گاز، b: کل گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر، t: مدت زمان انکوباسیون است (۴۱).

برای تخمین انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی خالص شیرواری (NEL) و قابلیت هضم ماده آلی (DOM) (۳۱) و برآورد میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFAs) از روابط ۳ الی ۶ استفاده شد (۵۲).

رابطه (۳)

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 0.157\times GP + 0.0084 \times CP + 0.022 \times EE - 0.0081 \times CA + 1.06$$

رابطه (۴)

$$NE_L\ (MJ/kg\ DM) = 0.115\times GP + 0.0054\times CP + 0.014\times EE - 0.0054\ CA - 0.36$$

رابطه (۵)

$$DOM\ \% = 0.9991\times GP+0.0595\times CP+0.0181\times CA+9$$

رابطه (۶)

$$SCFAs\ (mmol) = -0.00425 + GP \times 0.0222$$

که در این معادلات GP: تولید خالص گاز در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (بر حسب درصد)، CA: مقدار خاکستر (بر حسب درصد) می‌باشد.

به‌منظور تعیین pH گاز تولیدی چهار تکرار از هر تیمار در ساعت ۲۴، از بن‌ماری خارج گردید و سریعاً pH آن‌ها توسط pH متر (Hi 2211–Hanna Instruments – USA)

[DOI: 10.52547/rap.12.31.90] [DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]

اندازه‌گیری شد و جهت خروج کامل اجرام باکتریایی و به‌دست‌آوردن مقادیر ماده خشک تجزیه نشده در هر بطری، محتویات هر بطری سه بار به‌وسیله شوینده خنثی شسته شد و با استفاده از کاغذ صافی بدون خاکستر صاف و باقی‌مانده در آون و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. برای اندازه‌گیری مقادیر خاکستر مواد تجزیه‌نشده، از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت هشت ساعت استفاده شد (۴۷).

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیرهٔ غذایی (درصد مادهٔ خشک) (NRC, 2007)

Table 1. Ingredients and chemical composition of diet

مورد	درصد از جیره
یونجه خشک	۵۰
دانه جو	۳۱/۵
سبوس گندم	۶
کنجاله سویا	۶
دانه ذرت	۳
مکمل ویتامین و مواد معدنی[۱]	۱
دی کلسیم فسفات	۱
نمک	۰/۵
کلسیم کربنات	۱
ترکیبات شیمیایی	
ماده خشک	۹۲
مواد آلی	۸۹/۷۷
پروتئین خام	۱۴/۹
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۵
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۲۱/۳۶
خاکستر	۱۰/۲۲
عصارهاتری	۵/۷۳

۱- هرکیلوگرم مکمل مواد معدنی و ویتامینی حاوی۹۹/۲- میلی‌گرم منگنز، ۵۰ میلی‌گرم آهن،۸۴/۷ میلی‌گرم روی، ۱۰میلی‌گرم مس،۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A،۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D و ۱۸ واحد بین‌المللی ویتامین (E)

جدول ۲- غلظت انواع آفلاتوکسین در محیط کشت تولید شده (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 2. Concentration of different type of aflatoxin in produced media culture (mg/kg).

	غلظت (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
نوع آفلاتوکسین	آفلاتوکسین B1	آفلاتوکسین B2	آفلاتوکسین G1	آفلاتوکسین G2	کل آفلاتوکسین
محیط کشت	۲۵۰/۸	۱۰۷/۴	_	۵۰/۷	۴۰۹

مقدار ۰/۰۵ گرم نمونه یا محلول استاندارد را با ۲/۵ میلی‌لیتر فنول و دو میلی‌لیتر محلول هیپوکلریت ترکیب و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد برای پنج دقیقه انکوبه کرده و پس از خنک‌شدن، جهت تعیین میزان نیتروژن آمونیاکی میزان جذب نمونه‌ها توسط اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر قرائت شد (۶).

از روش استاندارد (۲۹) برای تعیین عامل تفکیک‌پذیری استفاده شد. عامل تفکیک (Partitioning factor) عبارت است از میلی‌گرم ماده آلی تجزیه‌شده بخش بر میلی‌لیتر گاز تولیدی که طبق رابطه (۷) محاسبه شد (۴۷).

رابطه (۷)

$$PF=OMDe/IVGP=c-(a-b)/IVGP$$

در رابطه بالا: c ماده آلی وزن‌شده در هر بطری (میلی گرم)، a مقدار مواد تجزیه‌نشده در هر بطری (میلی‌گرم)، b مقدار خاکستر مواد تجزیه‌نشده در هر بطری (میلی‌گرم)، و IVGP گاز تولیدی است.

برای محاسبه مقادیر توده میکروبی تولیدی و راندومان سنتز میکروبی از روش (۲۹) و طبق رابطه (۸) استفاده شد (۴۴).

رابطه (۸)

$$MM\ (mg)=[c-(a-b)]-[NG_{ml}\times 2/2k]$$

که در این رابطه MM، میلی‌گرم توده میکروبی تولید شده، NG، میلی‌لیتر گاز خالص تولیدی، K، ضریب استوکیومتری و مقدار آن ۲/۲ می‌باشد.

مدل آماری

این آزمایش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام گرفت که مدل آماری طرح به‌صورت زیر بود:

رابطه (۹)

$$Y_{ij} = \mu + Ti + e_{ij}$$

در این مدل Y_{ij} نشان‌دهنده مقدار هر مشاهده، μ برابر با میانگین کل، Ti اثر تیمار، e_{ij} خطای آزمایش می‌باشد. داده‌های این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS, 2002) مورد آنالیز قرار گرفتند و برای مقایسات میانگین، از آزمون دانکن با سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ استفاده شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

نتایج و بحث

داده‌های مربوط به فراسنجه‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری ماده خشک و آلی در جدول سه آورده شده است. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که، نرخ تولید گاز در تیمار شاهد و شاهد همراه با متانول به‌ترتیب ۰/۰۵۷، ۰/۰۵۹ میلی‌لیتر در میلی‌گرم ماده خشک می‌باشد نرخ تولید گاز گروه آفلاتوکسین (۰/۰۷) در مقایسه با گروه شاهد تنها از لحاظ عددی افزایش یافت. با افزودن دو سطح بالای کربن فعال، نرخ تولید گاز به‌طور معنی‌دار کاهش داشت و به‌ترتیب برابر با ۰/۰۳۸ و ۰/۰۴۲ شد. نوع سوبسترا تخمیری و میکروارگانیسم‌های غالب شکمبه نرخ تولید گاز را تعیین می‌کند (۱۷) بنابراین نرخ تولید بالا در جیره آلوده به آفلاتوکسین می‌تواند ناشی از اثر انتخابی آفلاتوکسین بر اکوسیستم میکروبی و باکتری‌های سریع تخمیرکننده شکمبه باشد. به‌نظر می‌رسد کربن فعال با جذب آفلاتوکسین و و اثر انتخابی بر میکروارگانیسم‌های شکمبه نرخ تولید گاز را تعدیل کرده است.

کل گاز تولیدی در تیمارهای شاهد و شاهد همراه با متانول به‌ترتیب برابر با ۲۹۵/۰۵ و ۲۹۴/۳۸ میلی‌لیتر بر گرم خوراک می‌باشد و در تیمار آفلاتوکسین این مقدار به ۲۲۸/۴۸ کاهش پیدا کرد و در تیمارهای آفلاتوکسین به‌علاوه سطوح یک، دو و سه کربن فعال به‌ترتیب برابر با ۲۴۸/۹۵، ۲۶۵/۴۶ و ۲۹۲/۰۷ می‌باشد که در مقایسه با تیمار آفلاتوکسین کل گاز تولیدی افزایش یافته ولی در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش داشت، همانطور که در شکل یک نشان داده شده است، از نظر تولید گاز طی ساعات اولیه (تا ساعت ۱۲ انکوباسیون) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش زمان انکوباسیون، به‌خصوص ۳۶ ساعت به بعد تولید گاز در تیمارهای شاهد، شاهد همراه با متانول و آفلاتوکسین همراه با سطح سه کربن فعال در حداکثر میزان خود قرار داشته و در تیمار آفلاتوکسین کاهش‌یافته و این روند تا آخرین ساعت انکوباسیون (۹۶) ادامه داشت. زمانی که در یک محیط کشت، جاذب آفلاتوکسین وجود ندارد، فرآسنجه‌های تولید گاز کاهش می‌یابند که دلیل این امر احتمالاً می‌تواند به تاثیر منفی آفلاتوکسین بر جمعیت میکروبی شکمبه باشد (۲۵،۲۲). برخلاف داده‌های حاصل از این آزمایش، طی آزمایشی نشان داده شد که نرخ تولید گاز پس از ۷۲ ساعت انکوباسیون در شرایط آزمایشگاهی که از جاذب‌های آفلاتوکسین (کربن فعال و بنتونیت) استفاده شده بود، افزایش یافت (۲۴). مشابه با این داده‌ها طی آزمایشی نشان داده شد که افزودن جاذب‌های بنتونیتی در سطح شش درصد جیره پایه منجر به کاهش معنی‌داری در نرخ و میزان تولید گاز در مقایسه با تیمار شاهد شد (۳۵).

همان‌طور که در جدول سه مشاهده می‌گردد، با افزودن ۸۰۰ نانوگرم در میلی‌لیتر آفلاتوکسین به جیره غذایی، تجزیه پذیری ماده آلی و ماده خشک در مقایسه با گروه شاهد و شاهد با متانول کاهش معنی‌دار داشت و با افزودن جاذب کربن فعال در سطح هفت میلی‌گرم در ۲۰۰ میلی‌گرم جیره غذایی از لحاظ عددی، افزایش ولی تغییر معنی‌دار صورت نگرفت. اما سطوح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم کربن فعال سبب بهبود اثرات منفی آفلاتوکسین بر تجزیه پذیری شدند، به‌طوری که میزان تجزیه پذیری آن‌ها در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. ضریب تجزیه پذیری ماده آلی برای تیمارهای شاهد، شاهد همراه با متانول، آفلاتوکسین و آفلاتوکسین به‌علاوه سطوح یک، دو و سه کربن فعال به‌ترتیب برابر با ۷۴/۹۶، ۷۱/۸۹، ۴۴/۸۷، ۴۹/۱۹، ۶۴/۸۶ و ۷۰/۹۹ درصد می‌باشد. تجزیه‌پذیری ماده خشک در تیمارهای شاهد و شاهد همراه با متانول برابر با ۵۸/۸۴ و ۵۵/۵۰ می‌باشد و با هم تفاوت معنی‌داری نداشت و بیانگر این موضوع است که حلال افزوده‌شده تاثیری بر تجزیه پذیری نداشت. میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک در تیمار جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین در مقایسه با تیمار شاهد کاهش‌یافته و به عدد ۲۹/۱۷ درصد می‌رسد و در تیمارهای کربن فعال با افزایش سطوح آن این پارامتر به‌ترتیب از لحاظ عددی (۴۲، ۴۶/۸۳ و ۵۷/۱۷ درصد) افزایش داشت، ولی تجزیه پذیری ماده خشک تنها در سطح سوم کربن فعال از لحاظ آماری معنی‌دار شد. بر خلاف نتایج آزمایش حاضر افزودن آفلاتوکسین به‌میزان یک میکروگرم در میلی‌گرم و جاذب کربن فعال و مخمر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (۵۳) به‌نظر می‌رسد کربن فعال با اتصال به مایکوتوکسین کارکرد آن‌ها را تغییر داده و از اختلال فعالیت شکمبه و کاهش هضم الیاف و تولید اسیدهای چرب فرار جلوگیری می‌کند. به‌طوری‌که در آزمایشی نشان دادند که آفلاتوکسین B_1 تقریباً به‌میزان ۱۰۰ درصد به کربن فعال می‌چسبد (۱۳). و هر موقع کربن فعال در جیره غذایی افزوده می‌شود، اثرگذاری کمتری در کاهش انتقال آفلاتوکسین به شیر مشاهده می‌شود. مشابه نتایج آزمایش حاضر گزارش کردند آفلاتوکسین B_1 موجب کاهش فرآسنجه‌های شکمبه‌ای آزمایشگاهی از قبیل تجزیه پذیری ماده خشک و آلی، تولید گاز، غلظت نیتروژن آمونیاکی و pH شکمبه می‌شود و با افزودن جاذب بنتونیت و کربن فعال به جیره غذایی آلوده با ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 میزان تجزیه پذیری ماده خشک، ماده آلی و میزان تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی بهبود می‌یابد (۲). همچنین در شرایط درون‌تنی با مکمل کردن جیره غذایی با کربن فعال قابلیت هضم ظاهری کل دستگاه گوارش برای همی‌سلولز، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گاو شیری افزایش یافت (۱۶). محققین بیان داشتند که افزودن کربن فعال به‌میزان ۲۰ یا ۴۰ گرم در روز سبب بهبود قابلیت هضم مواد مغذی در دام‌های تغذیه شده با علوفه کیفیت پایین و دارای کپک می‌شود، ولی در گاوهای تغذیه‌شده با علوفه سالم تأثیری بر قابلیت هضم و تولید آن‌ها ندارد (۱۶) بنابراین اثر مثبت کربن فعال در آزمایش حاضر را می‌توان به خواص جذبی آن با سم آفلاتوکسین جیره غذایی مرتبط دانست که با غیرقابل دسترس‌کردن سموم، شرایط برای تخمیر و تجزیه‌پذیری مواد خوراکی توسط میکرو ارگانیسم‌ها فراهم کرده است. کربن فعال نوعی زغال یا کربن فرآوری شده از مواد خام در شرایط ۱۵۰ الی ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

می‌شود و طی این فرآوری مواد غیرکربنی از آن خارج شده و بخش کربنه دارای سطح وسیعی با جایگاه اتصال بالا باقی می‌ماند (۱۹) و بخش کربنه با روش فیزیکی جریان بخار یا دی‌اکسیدکربن در دمای بالا فعال‌سازی می‌شود.

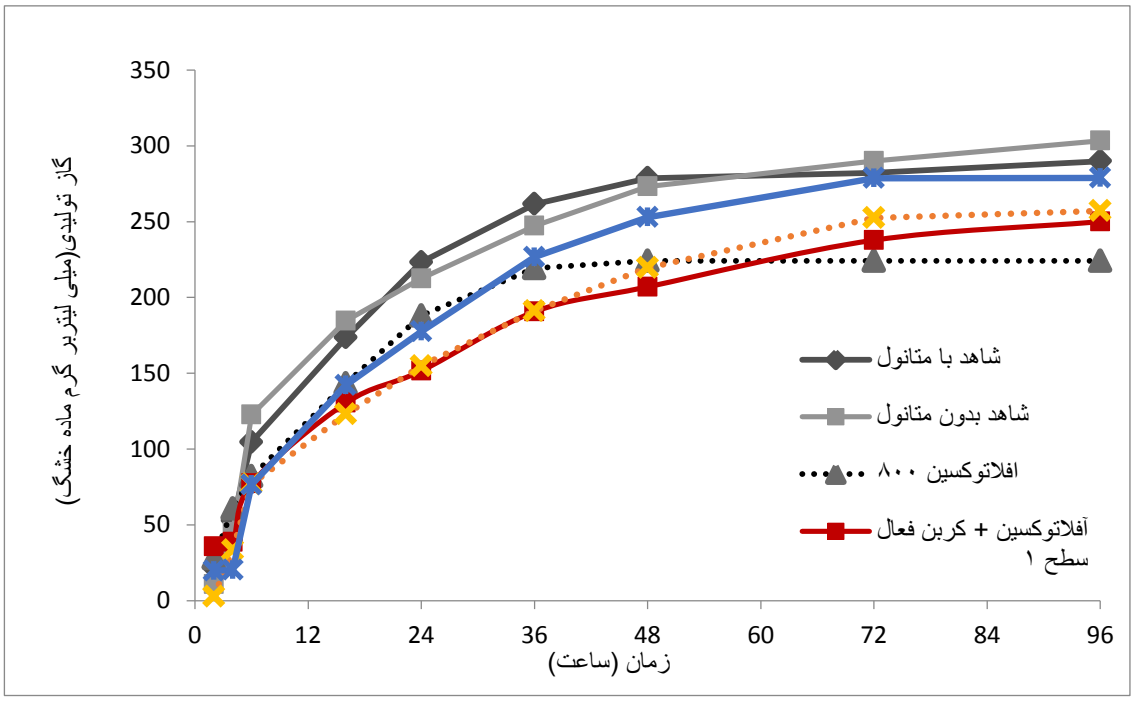
جدول ۳- تاثیر آفلاتوکسین و کربن فعال به‌عنوان باندکننده سموم بر گاز تولیدی و نرخ تولید گاز، تجزیه‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در شرایط آزمایشگاهی

Table 3. Effect of aflatoxin and activated carbon as a toxin binder on gas production, gas production rate and degradability of dry matter and organic matter in in vitro condition.

	تیمارهای آزمایشی[۱]							خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
	شاهد بدون متانول	شاهد با متانول	آفلاتوکسین	آفلاتوکسین+ سطح یک کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح دو کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح سه کربن فعال			
نرخ تولید گاز	۰/۰۵۷^{ab}	۰/۰۵۹^{ab}	۰/۰۷۰^{a}	۰/۰۴۶^{bc}	۰/۰۳۸^{c}	۰/۰۴۲^{c}		۰/۰۰۴۶	<۰/۰۰۱
کل گاز تولیدی (میلی‌لیتر بر گرم خوراک)	۲۹۵/۰۵^{a}	۲۹۴/۳۸^{a}	۲۲۸/۴۸^{b}	۲۴۸/۹۵^{b}	۲۶۵/۴۶^{ab}	۲۹۲/۰۷^{a}		۱۳/۸۰	۰/۰۰۹
تجزیه‌پذیری ماده آلی (درصد)	۷۴/۹۶^{a}	۷۱/۸۹^{ab}	۴۴/۸۷^{c}	۴۹/۱۹^{c}	۶۴/۸۶^{b}	۷۰/۹۹^{ab}		۲/۸۶	<۰/۰۰۱
تجزیه‌پذیری ماده خشک (درصد)	۵۸/۸۴^{a}	۵۵/۵۰^{ab}	۲۹/۱۷^{d}	۴۲^{c}	۴۶/۸۳^{bc}	۵۷/۱۷^{ab}		۳/۲۴	<۰/۰۰۱

۱- تیمارها شامل تیمار شاهد بدون متانول، شاهد حاوی متانول، آفلاتوکسین (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه)، آفلاتوکسین+ سطح یک کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + هفت میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح دو کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + ۷۵ میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح سه کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شکمبه + ۱۵۰ میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)

تیمارها با حروف متفاوت از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار دارند.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف کربن فعال بر منحنی تولید گاز در جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین B1

Figure 1. Effect of different level of activated carbon on gas production curve in contaminated diet with aflatoxin B1

نتایج افزودن آفلاتوکسین و جاذب کربن فعال بر فرآسنجه‌های تخمیری شامل انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی، میزان اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی در جدول چهار آمده است. میزان انرژی متابولیکی، انرژی متابولیکی شیر و قابلیت هضم ماده آلی در بین تیمارهای شاهد و شاهد همراه با متانول اختلاف معنی‌داری نداشت و بیان‌گر عدم تأثیرگذاری حلال مورد استفاده بر این فرآسنجه‌ها است (جدول ۴). تیمار آفلاتوکسین به‌صورت معنی‌داری انرژی متابولیکی را از ۹/۱۵ به ۷/۶۲ و قابلیت هضم ماده آلی را از ۵۷/۲۶ درصد به ۵۰/۶۲ درصد در مقایسه با گروه شاهد کاهش داد. مشابه نتایج آزمایش حاضر (۲۸) گزارش کردند افزودن آفلاتوکسین به‌میزان ۵ و ۱۰ میکرو گرم در میلی‌لیتر محیط کشت شکمبه‌ای سبب کاهش قبلیت هضم ماده آلی می‌شود. همچنین کاهش قابلیت هضم شکمبه ای در شرایط برون‌تنی با افزودن آفلاتوکسین B1 در سطح ۳۰۰ الی ۹۶۰ نانوگرم در میلی‌لیتر گزارش شده است

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

(۳۶). فرآسنجه‌های تخمینی مورد اشاره با افزودن سطوح مختلف کربن فعال به جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین، در مقایسه با تیمار گروه آفلاتوکسین تغییر معنی‌داری نداشت و از اثرات منفی آفلاتوکسین بر این فرآسنجه‌ها جلوگیری نکرد. هرچند با افزایش سطوح کربن فعال، مقادیر فرآسنجه‌ها به‌صورت عددی روند افزایشی داشت. در گزارشی نشان داده شده است زمانی که آفلاتوکسین به‌مقدار ۰/۲ تا ۰/۸ میکروگرم به‌ازای میلی‌لیتر مایع شکمبه به محیط کشت اضافه گردید، انرژی متابولیکی کاهش یافت (۹). قابلیت هضم ماده خشک در علوفه‌هایی که از آفلاتوکسین به مقدار یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر استفاده شد، به‌میزان ۵۰ درصد کاهش یافت (۵۰) و زمانی که از جاذب‌های بنتونیت و کربن فعال در تیمارهای آفلاتوکسین B_1 استفاده‌شده، قابلیت هضم بهبود یافته است (۲۴). سطوح افزایشی کربن فعال تاثیری بر جبران اثرات منفی آفلاتوکسین بر صفات انرژی متابولیکی، انرژی خالص شیردهی و قابلیت هضم ماده آلی نشان نداد. مشابه نتایج آزمایش حاضر گزارش کردند که افزودن کربن فعال به‌میزان ۰/۵ درصد به جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین (یک میکرو گرم در میلی گرم جیره غذایی) تاثیری بر قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک در شرایط برون تنی نداشت (۵۳).

غلظت اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی از جمله شاخص‌های مهم برای ارزیابی کار کرد تخمیری شکمبه و تأثیر تیمارهای غذایی بر آن تلقی می‌شود (۲۱). غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه در تیمارهای شاهد (۱/۰۴) و شاهد همراه با متانول (۱/۰۹) در حداکثر مقدار خود بود و اما مقدار آن در تیمار آفلاتوکسین کاهش یافته (۰/۸۹) و اختلاف معنی‌داری با تیمارهای شاهد نشان داد. در مطالعه‌ای گزارش شده است زمانی که آفلاتوکسین به‌مقدار ۰/۲ تا ۰/۸ میکروگرم به‌ازای میلی‌لیتر مایع شکمبه به محیط کشت اضافه گردید، غلظت اسیدهای چرب فرار کاهش یافت (۹). حضور آفلاتوکسین در محیط کشت احتمالا سبب کاهش رشد و فعالیتهای متابولیکی میکرو ارگانیسم‌های شکمبه‌ای می‌شود. مشابه نتایج آزمایش حاضر، آفلاتوکسین موجود در جیره غذایی موجب کاهش تولید اسیدهای چرب فرار (۲۴) و حرکات شکمبه می‌گردد (۴۴) به‌طوری که با افزودن ۹۶۰ نانوگرم آفلاتوکسین B_1 به جیره غذایی سبب کاهش کل اسیدهای چرب فرار در شرایط آزمایشگاهی می‌شود (۲۵). هر چند در دیگر تحقیقات غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه بره‌های در حال رشد تغذیه‌شده با ۲/۵ میلی‌گرم آفلاتوکسین B_1 در کیلوگرم (۱۴) و گوساله‌های نر تغذیه‌شده با ۶۰۰–۶۰ میکروگرم در کیلوگرم آفلاتوکسین B_1 تأثیری بر تولید اسیدهای چرب فرار نداشت (۲۲). غلظت اسید چرب در تیمارهای کربن فعال در مقایسه با گروه آفلاتوکسین تفاوت معنی‌داری نداشتند و بر خلاف انتظار مکمل‌سازی با کربن فعال نتوانست اثر منفی آفلاتوکسین بر این فراسنجه را بهبود بخشد، هرچند با افزایش سطوح کربن فعال، غلظت اسیدهای چرب فرار از نظر عددی سیر صعودی داشت. مشابه نتایج آزمایش حاضر افزودن ۰/۵ درصد کربن فعال (۵۳) و جاذب آلومینو سلیکاتی (۱۰ گرم در لیتر) در محیط کشت شکمبه‌ای حاوی آفلاتوکسین به‌میزان یک میکرو گرم در میلی‌لیتر تاثیری بر کل اسیدهای چرب شکمبه‌ای نداشت (۲۴).

جدول ۴- تأثیر آفلاتوکسین و کربن فعال به‌عنوان جاذب سموم در جیره دام بر فرآسنجه‌های تخمیری جیره غذایی در شرایط آزمایشگاهی توسط میکروارگانیسم‌های جدا شده از شکمبه گوسفند

Table 4. Effect of aflatoxin and activated carbon as a toxin binder in animal diet on fermentation parameters of diet in vitro by microorganisms isolated from rumen of sheep

مورد	تیمارهای آزمایشی[1]					خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
	شاهد بدون متانول	شاهد با متانول	آفلاتوکسین	آفلاتوکسین+ سطح یک کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح دو کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح سه کربن فعال	
انرژی متابولیکی (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)	۹/۱۵^{a}	۸/۶۷^{ab}	۷/۶۲^{b}	۶/۱۳^{b}	۶/۵۴^{b}	۶/۹۸^{b}	۰/۴۶	۰/۰۰۱
انرژی خالص شیردهی (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)	۵/۱۹^{a}	۵/۴۷^{a}	۴/۵۴^{b}	۳/۹۲^{b}	۴/۱۴^{b}	۴/۲۳^{b}	۰/۳۶	۰/۰۰۱
ماده آلی قابل هضم (درصد)	۵۷/۲۶^{a}	۵۹/۶۵^{a}	۵۰/۶۲^{b}	۴۱/۵۷^{b}	۴۳/۷۵^{b}	۴۶/۵۵^{b}	۳/۲۳	۰/۰۰۱
اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول بر گرم ماده خشک)	۱/۰۴^{a}	۱/۰۹^{a}	۰/۸۹^{b}	۰/۷۱^{b}	۰/۷۴^{b}	۰/۸۰^{b}	۰/۰۷	۰/۰۰۱
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۹/۰۲^{c}	۲۰/۷۲^{b}	۲۳/۵۷^{a}	۲۲/۶۳^{a}	۲۰/۵۳^{b}	۲۰/۸۸^{b}	۰/۳۲	۰/۰۰۱

۱- تیمارها شامل تیمار شاهد بدون متانول، شاهد حاوی متانول، آفلاتوکسین (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه)، آفلاتوکسین+ سطح یک کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + هفت میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح دو کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + ۷۵ میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح سه کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + ۱۵۰ میلی گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک). تیمارها با حروف متفاوت از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار دارند.

غلظت نیتروژن آمونیاکی در تیمار آفلاتوکسین (۲۳/۵۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) در مقایسه با گروه شاهد (۱۹/۰۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و گروه شاهد همراه با متانول (۲۰/۷۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) افزایش داشته است. افزودن سطوح افزایشی کربن فعال به جیره غذایی آلوده با آفلاتوکسین سبب کاهش مقدار نیتروژن آمونیاکی شد به‌طوری که سطوح دو و سه کربن فعال اختلاف معنی‌داری با گروه آفلاتوکسین داشت (۲۲/۶۳، ۲۰/۵۳ و ۲۰/۸۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) ولی سطح

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

پایین آن تاثیر معنی‌دار نداشت (جدول ۴). افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه گاوهای تغذیه شده با آفلاتوکسین B_1 گزارش شده است (۴۹)، بر خلاف این نتایج کاهش میزان نیتروژن آمونیاکی، تجزیه سلولز و تولید اسیدهای چرب فرار با تغذیه ۰/۲ تا ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدنی آفلاتوکسین B_1 به گوساله‌های نر گزارش شده است (۱۰). در شکمبه معمولا میکروارگانیسم‌ها پروتئین مواد خوراکی را تجزیه و آمین‌زدایی کرده و سبب تولید پپتید و اسیدهای آمینه می‌شوند (۴۳). اگر تجزیه و یا متابولیسم پروتئین جیره توسط آفلاتوکسین تحریک شود غلظت آمونیاک آزاد، ممکن است تغییر پیدا کند. بالا بودن میزان نیتروژن آمونیاکی در آزمایش حاضر بیانگر تجزیه میکروبی بیشتر پروتئین (۲۰) و اثر منفی آفلاتوکسین بر میکروارگانیسم‌های استفاده‌کننده از نیتروژن آمونیاکی و تبدیل به پروتئین میکروبی می‌باشد، به‌طوریکه کاهش تولید پروتئین میکروبی و راندمان تولید پروتئین میکروبی مطابق داده‌های جدول پنج نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد. همچنین آفلاتوکسین B_1 احتمالاً با تاثیر منفی بر جمعیت میکروبی مایع شکمبه (۲۴) و کاهش تحرک شکمبه (۱۰) سبب کاهش قابلیت هضم ماده خشک و گاز تولیدی (۲۵) می‌گردد. مطابق با نتایج آزمایش حاضر با افزودن بنتونیت و کربن فعال به محیط کشت حاوی آفلاتوکسین B_1، میزان نیتروژن آمونیاکی کاهش یافت (۲۴) همچنین زمانی که کربن فعال به جیره افزوده شد، غلظت نیتروژن آمونیاکی در مقایسه با تیمار شاهد کاهش نشان داد (۴۸). مطالعات دیگر نشان داده‌اند که در محیط کشت‌هایی که جاذب ندارند، اضافه کردن آفلاتوکسین B_1 به محیط کشت سبب می‌شود تا آفلاتوکسین B_1 به پروتئین خوراک متصل شده و آن را از دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه خارج کند و به دنبال آن هضم پروتئین کاهش یافته و نیتروژن کمی تولید شود (۲۵،۱۳). طی مطالعه‌ای که انجام گرفت، نشان داده شد که به دنبال استفاده از بنتونیت سدیم، جمعیت پروتوزوآیی کاسته و جمعیت باکتریایی افزایش می‌یابد و در نتیجه دسترسی میکروارگانیسم‌ها به نیتروژن آمونیاکی افزایش یافته و نیتروژن بیشتری را از محیط شکمبه برداشت می‌کنند و به‌همین دلیل غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه کاهش می‌یابد (۵۱). مطالعه دیگری نیز نشان داد که کربن فعال نیز همانند بنتونیت سدیم در محیطی که غلظت آمونیاک بالا می‌باشد، قادر است آن‌را جذب کرده و در غلظت‌های پایین، آمونیاک را به محیط آزاد سازد (۱۵).

جدول ۵- تأثیر آفلاتوکسین و کربن فعال به‌عنوان باند کننده سموم در جیره دامی حاوی آفلاتوکسین بر عامل تفکیک‌پذیری و تولید توده زنده میکروبی در شرایط آزمایشگاهی

Table 5. Effect of aflatoxin and activated carbon as a toxin binder in contaminated diet with aflatoxin on partitioning factor and production of microbial biomass in vitro

مورد	تیمارهای آزمایشی[۱]						خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
	شاهد بدون متانول	شاهد با متانول	آفلاتوکسین	آفلاتوکسین+ سطح۱ کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح۲ کربن فعال	آفلاتوکسین+ سطح۳ کربن فعال		
عامل تفکیک (میلی‌گرم ماده آلی تجزیه شده بر میلی لیتر گاز)	۳/۴۹[a]	۳/۲۸[a]	۲/۳۵[b]	۳/۲۳[a]	۳/۵۱[a]	۳/۵۳[a]	۰/۱۰	<۰/۰۰۱
توده زنده میکروبی (میلی‌گرم)	۵۰/۸۲[a]	۵۰/۳۵[a]	۴/۷۷[c]	۴۰/۲۸[b]	۵۳/۲۹[a]	۵۳/۹۱[a]	۲/۸۶	<۰/۰۰۱
بازده توده زنده میکروبی (درصد)	۲۷/۴۷[a]	۲۷/۲۲[a]	۲/۵۸[c]	۲۱/۱۱[b]	۲۹/۲۷[a]	۲۹/۹۴[a]	۲/۸۰	<۰/۰۰۱

۱- تیمارها شامل تیمار شاهد بدون متانول، شاهد حاوی متانول، آفلاتوکسین (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه)، آفلاتوکسین+ سطح یک کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + هفت میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح دو کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + ۷۵ میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک)، آفلاتوکسین+ سطح سه کربن فعال (۸۰۰ نانوگرم آفلاتوکسین در میلی‌لیتر مایع شمکبه + ۱۵۰ میلی‌گرم کربن فعال برای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک).

تیمارها با حروف متفاوت از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار دارند.

عامل تفکیک در بین تیمارهای شاهد در مقایسه با گروه آفلاتوکسین معنی‌دار و مقدار آن در تیمار شاهد، ۳/۴۹ و در تیمار آفلاتوکسین، ۲/۳۵ بود. به‌علاوه افزودن سطوح مختلف کربن فعال در مقایسه با تیمار آفلاتوکسین افزایش معنی‌داری بر عامل تفکیک‌پذیری نشان داد (جدول پنج). این بدین معنا می‌باشد که آفلاتوکسین نیتروژن آمونیاکی را از طریق محدود کردن دسترسی میکروارگانیسم‌ها به پروتئین کاهش داده و سبب می‌شود تا عامل تفکیک‌پذیری نیز کاهش یابد چراکه عامل تفکیک‌پذیری نشان‌دهنده تولید پروتئین میکروبی می‌باشد ولی با افزودن کربن فعال مشاهده می‌کنیم که اثرات منفی آفلاتوکسین را کاسته و سبب افزایش عامل تفکیک‌پذیری می‌شود.

تولید توده زنده میکروبی و بازده تولید توده زنده میکروبی نیز همانند عامل تفکیک پذیری سیر نزولی داشت به‌گونه‌ای که تولید توده زنده میکروبی در تیمار شاهد ۵۰/۸۲ میلی‌گرم بوده و در تیمار آفلاتوکسین به ۴/۷۷ میلی‌گرم کاهش پیدا کرد، همچنین میزان بازده تولید توده زنده میکروبی برای

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

تیمارهای شاهد و آفلاتوکسین، به‌ترتیب برابر ۲۷/۴۷ و ۲/۵۸ بود.

می‌توان نتیجه گرفت کربن فعال پتانسیل بهبود اثرات منفی آفلاتوکسین بر فرآسنجه‌های تخمیری شکمبه را دارد و افزودن آن سبب بهبود میزان گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده خشک و تجزیه‌پذیری ماده آلی و عامل تفکیک و تولید توده زنده میکروبی می‌شود.

منابع

1. Ao, C. and S. Lee. 2005. Indoor air purification by photocatalyst TiO2 immobilized on an activated carbon filter installed in an air cleaner. Chemical engineering science, 60: 103-109.
2. Assadzadeh, S., A. Tahmasbi, A. Naserian and R. Valizadeh. 2018. The effect of organic and inorganic aflatoxin B1 absorbents on in vitro digestibility and rumen fermentation characteristics. Iranian Journal of Animal Science Research, 9.
3. Avantaggiato, G., M. Solfrizzo and A. Visconti. 2005. Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of Fusarium mycotoxins. Food Additives Contaminants, 22: 379-388.
4. Bagheri, M., M. Karimi Torshizi and M. Rasaee. 2017. Amelioration of Experimental B1 Aflatoxicosis in Japanese quails by Yolk derived specific antibody. Research on animal Production, 8: 42-48 (In persian).
5. Besharati, M., Z. Nemati and R. Safari. 2019. The Effect of adding whey and L. Buchneri to alfalfa silage on in vitro gas production and degradability. Research on animal Production, 10: 56-63 (In persian).
6. Broderick, G. and J. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.
7. Commission, E. 2003. Commission Directive of 31 October 2003 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council on undesirable substances in animal feed (Text with EEA relevance), 2003/100/EC. Official Journal, L285, 31/10/2003: 33-37.
8. Commission, E. 2006. Commission Regulation of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance), 2006/1881/EC. Official Journal, L364, 19/12/2006: 5-24.
9. Conway, H., R. Anderson and E. Bagley. 1978. Detoxification of aflatoxin-contaminated corn by roasting. Cereal Chemistry, 55: 115-117.
10. Cook, W., J. Richard, G. Osweiler and D. Trampel. 1986. Clinical and pathologic changes in acute bovine aflatoxicosi: Rumen motility and tissue and fluid. Am J Vet Res, 47.
11. Daković, A., M. Tomašević-Čanović, G. Rottinghaus, V. Dondur and Z. Mašić. 2003. Adsorption of ochratoxin A on octadecyldimethyl benzyl ammonium exchanged-clinoptilolite-heulandite tuff. Colloids Surfaces B: Biointerfaces, 30: 157-165.
12. Devreese, M., P. De Backer and S. Croubels. 2013. Different methods to counteract mycotoxin production and its impact on animal health. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift, 82: 181-190.
13. Diaz, D.E., W.M. Hagler, B.A. Hopkins and L.W. Whitlow. 2003. Aflatoxin binders I: in vitro binding assay for aflatoxin B1 by several potential sequestering agents. Mycopathologia, 156: 223-226.
14. Edrington, T., R. Harvey and L. Kubena. 1994. Effect of aflatoxin in growing lambs fed ruminally degradable or escape protein sources. Journal of Animal Science, 72: 1274-1281.
15. El Obied, G., F. Ahmed and N. Bashir. 2005. In vitro effects of some insecticides on rumen fluid fermenation. Gezira Journal of Agricultural Science.
16. Erickson, P.S., N.L. Whitehouse and M. Dunn. 2011. Activated carbon supplementation of dairy cow diets: Effects on apparent total-tract nutrient digestibility and taste preference. The Professional Animal Scientist, 27: 428-434.
17. France, J., J. Dijkstra, M. Dhanoa, S. Lopez and A. Bannink. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: derivation of models and other mathematical considerations. British Journal of Nutrition, 83: 143-150.
18. Galvano, F., A. Pietri, T. Bertuzzi, M. Bognanno, L. Chies, A. DE ANGELIS and M. Galvano. 1997. Activated carbons: in vitro affinity for fumonisin B1 and relation of adsorption ability to physicochemical parameters. Journal of food protection, 60: 985-991.
19. Greensher, J., H.C. MOFENSON and T.R. Caraccio. 1987. Ascendency of the black bottle (activated charcoal). Pediatrics, 80: 949-951.
20. Hackmann, T.J. and J.L. Firkins. 2015. Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. Frontiers in Microbiology, 6: 465.
21. Hall, M., T. Nennich, P. Doane and G. Brink. 2015. Total volatile fatty acid concentrations are unreliable estimators of treatment effects on ruminal fermentation in vivo. Journal of dairy science, 98: 3988-3999.
22. Helferich, W., W. Garrett, D. Hsieh and R. Baldwin. 1986. Feedlot performance and tissue residues of cattle consuming diets containing aflatoxins. Journal of animal science, 62: 691-696.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

23. Jaynes, W.F. and R.E. Zartman. 2011. Aflatoxin toxicity reduction in feed by enhanced binding to surface-modified clay additives. Toxins, 3: 551-565.
24. Jiang, Y.H., P. Wang, H. Yang and Y. Chen. 2014. The efficacy of bamboo charcoal in comparison with smectite to reduce the detrimental effect of aflatoxin B1 on in vitro rumen fermentation of a hay-rich feed mixture. Toxins, 6: 2008-2023.
25. Jiang, Y., H. Yang, P. Lund and technology. 2012. Effect of aflatoxin B1 on in vitro ruminal fermentation of rations high in alfalfa hay or ryegrass hay. Animal feed science technology, 175: 85-89.
26. Jouany, J., A. Yiannikouris and G. Bertin. 2009. Risk assessment of mycotoxins in ruminants and ruminant products. Options mediterranéennes, 85: 205-224.
27. Khadem, A., S. Sharifi, M. Barati and M. Borji. 2012. Evaluation of the effectiveness of yeast, zeolite and active charcoal as aflatoxin absorbents in broiler diets. Global Veterinaria, 8: 426-432.
28. Khodabandehloo, M., M. Malecky, H. Aliarabi and A. Saki. 2019. In vitro evaluation of aflatoxin B1 effect on gas production and ruminal fermentation parameters. Iranian Journal of Veterinary Research, 20: 263.
29. Makkar, H.P. 2010. In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer, p 107-144.
30. McDougall, E. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. Biochemical Journal, 43: 99.
31. Menke, K., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science, 93: 217-222.
32. Menke, K.H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal research, 28: 7-55.
33. Meucci, V., G. Soldani, E. Razzuoli, G. Saggese and F. Massart. 2011. Mycoestrogen pollution of Italian infant food. The Journal of pediatrics, 159: 278-283. e271.
34. Mgbeahuruike, A.C., T.E. Ejioffor, O.C. Christian, V.C. Shoyinka, M. Karlsson and E. Nordkvist. 2018. Detoxification of Aflatoxin-Contaminated Poultry Feeds by 3 Adsorbents, Bentonite, Activated Charcoal, and Fuller's Earth. The Journal of Applied Poultry Research, 27: 461-471.
35. Mojtahedi, M., M.D. Mesgaran, S.A. Vakili and M. Hayati-Ashtiani. 2013. Effect of aflatoxin B1 on in vitro rumen microbial fermentation responses using batch culture. Annual Research Review in Biology, 686-693.
36. Mojtahedi, M., M.D. Mesgaran, S.A. Vakili and M. Hayati-Ashtiani. 2013. Effect of aflatoxin B1 on in vitro rumen microbial fermentation responses using batch culture. Annual Research Review in Biology, 686-693.
37. Nemati, Z., A. Karimi and M. Besharati. 2015. Impact of Aflatoxin Contaminated Feed and Yeast Cell Wall Supplementation on Immune System in Broiler Chickens. In: Proceedings of International Conference on Innovations in Chemical and Agricultural Engineering, 8-9.
38. Nemati, Z., H. Janmohammadi, A. Taghizadeh, H. Malekinejad, G.H. Mogaddam and M. Arzanlou. 2014 Occurrence of aflatoxins in poultry feed and feed ingredients from north western Iran. European Journal of Zoology Research, 3: 56-60.
39. Nemati, Z., H. Janmohammadi, A. Taghizadeh, G.H. Mogaddam and H. Malekinejad. 2014. Effect of bentonite supplementation to the contaminated diets with aflatoxin B1 on broiler performance. presented at the 6th Iranian congress on animal science, Tabriz
40. Nemati, Z., H. Janmohammadi., A. Taghizadeh., H. Maleki Nejad and G. Mogaddam. 2015. Effect of Bentonite as a natural adsorbent to ameliorate the adverse effects of aflatoxin B1 on performance and immune systems in broiler chicks. Animal Prodouction Research, 4(3): 67-77.
41. Ørskov, E. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 92: 499-503.
42. Pasha, T., M. Farooq, F. Khattak, M. Jabbar and A. Khan. 2007. Effectiveness of sodium bentonite and two commercial products as aflatoxin absorbents in diets for broiler chickens. Animal Feed Science Technology, 132: 103-110.
43. Reynal, S., I. Ipharraguerre, M. Lineiro, A. Brito, G. Broderick and J. Clark. 2007. Omasal flow of soluble proteins, peptides, and free amino acids in dairy cows fed diets supplemented with proteins of varying ruminal degradabilities. Journal of Dairy Science, 90: 1887-1903.
44. Scudamore, K.A. and C.T. Livesey. 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. Journal of the Science of Food Agriculture, 77: 1-17.
45. Shabani, A., B. Dastar, M. Khomeiri, B. Shabanpur and S. Hasani. 2010. Effect of nanozeolite on performance, some blood parameters and ileal bacteria population in broiler chicks fed Aflatoxin contaminated diets. Research on animal Production. Animal Feed Science Technology, 1: 58-68 (In Persian).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

46. Teleb, H.M., A.A. Hegazy and Y.A. Hussein. 2004. Efficiency of kaolin and activated charcoal to reduce the toxicity of low level of aflatoxin in broilers. Scientific Journal of King Faisal University, 5: 1425.
47. Vercoe, P.E., H.P. Makkar and A.C. Schlink. 2010. In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer.
48. Wallace, R. and C. Newbold. 1991. Effects of bentonite on fermentation in the rumen simulation technique (Rusitec) and on rumen ciliate protozoa. The Journal of Agricultural Science, 116: 163-168.
49. Wang, Q., Y. Zhang, N. Zheng, L. Guo, X. Song, S. Zhao and J. Wang. 2019. Biological system responses of dairy cows to aflatoxin B1 exposure revealed with metabolomic changes in multiple biofluids. Toxins, 11: 77.
50. Westlake, K., R. Mackie and M. Dutton. 1989. In vitro metabolism of mycotoxins by bacterial, protozoal and ovine ruminal fluid preparations. Animal Feed Science Technology, 25: 169-178.
51. Williams, A.G. and S.E. Withers. 1993. Changes in the rumen microbial population and its activities during the refaunation period after the reintroduction of ciliate protozoa into the rumen of defaunated sheep. Canadian journal of microbiology, 39: 61-69.
52. Williams, J.H., T.D. Phillips, P.E. Jolly, J.K. Stiles, C.M. Jolly and D. Aggarwal. 2004. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. The American journal of clinical nutrition, 80: 1106-1122.
53. Yeanpet, C., C. Thamrongyoswittayakul, C. Wachirapakorn, P. Songsermsakul, N. Somphon and C. Wongnen. 2018. Efficacy of mycotoxin adsorbents on aflatoxin b1 decontamination and in vitro rumen fermentation. Prawarun Agricultural Journal, 15: 260-268.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]

Effect of Activated Charcoal on the Fermentation Parameters and Degradability of Contaminated Diet with Aflatoxin B_1 by Microorganisms Isolated from Rumen *In Vitro*

Zabihollah Nemati[1], Rashid Safari[2] and Maghsod Besharati[3]

1- Associate Professor, University of Tabriz, (Corresponding author: znnemati@yahoo.com)
2- Assistant Professor, University of Tabriz
3- Associate Professor, University of Tabriz
Received: March 6, 2020 Accepted: June 15, 2020

Abstract

The purpose of this experiment was to investigate the effect of activated carbon on reducing the negative effects of aflatoxin on gas production, digestibility of dry matter and organic matter of sheep diet ration under laboratory conditions. In this experiment, we assumed that activated carbon was able to reduce the negative effects of aflatoxin. This experiment was conducted in a completely randomized design with five treatments and four replicates per treatment. Expermental treatments were: 1- control (untreated diet), 2- control with methanol (control + methanol), 3- contaminated diet with methanol solution containing AFB1 at 800 ng/ml, 4-contaminated diet treated with activated charcoal at 7mg/200mg, 5-contaminated diet treated with activated carbon at 75 mg/200mg and 6-contaminated diet treated with activated carbon at 150 mg/200mg. To measure gas production and digestibility, glass bottles with a volume of 100 ml was used in a constant culture. All bottles were purged with anaerobic CO_2, sealed with rubber stoppers and incubated in a water bath for 96 h at 39 degree centigrade and their gas production at 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 h incubation times was measured. The amount of gas produced was measured by means of a pressure gauge. The results showed that aflatoxin B1 treatment decreased the amount of gas production but the amount of gas production was increased in treated group as supplemented activated carbon level increased ($p < 0.05$). Regarding the digestibility of dry matter and organic matter, there is a similar process to gas production, where aflatoxin treatment reduces both, but in treated group as supplemented activated carbon level increased the amount of them increases ($p < 0.05$). Ammonia N concentration was highest in aflatoxin group and declined with addition of increasing level of activated carbon. Partitioning factor, microbial mass and efficiency of microbial synthesis were distinctly lower in aflatoxin group than other groups ($p < 0.05$). However, treatments that containing high level of activated carbon had higher Partitioning factor, microbial biomass production and efficiency of microbial synthesis. It can be concluded that activated carbon has the potential to improve detrimental effect of aflatoxin on ruminal fermentation.

Keywords: Aflatoxin, Activated Carbon, Degradability and Organic Matter, Digestibility, Gas Production

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.31.6.7]
[DOI: 10.52547/rap.12.31.90]