



تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۳۹-۴۹

بررسی اثر منابع آلی و غیرآلی در باندکردن عناصر معدنی در شرایط برون‌تنی

علی قدرت^۱، اکبر یعقوب‌فر^{۲*}، یحیی ابراهیم‌نژاد^۳، حبیب اقدم شهریار^۴، ابوالفضل قربانی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران
۲. استاد بخش تحقیقات تغذیه دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران
۳. دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران
۴. استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۴/۰۲

چکیده

در این آزمایش، توانایی پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای از دو منبع گندم و جو به‌عنوان منابع آلی و پرلیت به‌عنوان منبع غیرآلی در باندکردن کاتیون‌های منگنز، آهن، روی، و مس در شرایط برون‌تنی بررسی شد. مقدار رطوبت، پروتئین، خاکستر، عصاره اتری، کل کربوهیدرات، ADL، ADF، NDF، فیبر خام، ویسکوزیته، سلولز، همی‌سلولز، کل فیبر جیره‌ای گندم، و جو اندازه‌گیری شد. ظرفیت باندکردن منگنز، روی، آهن، و مس در شرایط فیزیولوژیکی تقلیدشده معده، روده، و کولون در گندم، جو و پرلیت در شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری و مقایسه شد. تیمار اسیدی موجب حذف بیشتر مواد معدنی اندوژنوس به‌جز آهن شد. دانه جو بیشترین ظرفیت باندکردن عناصر مس (۴۴/۴۸ درصد)، روی (۱۱/۰۷ درصد)، و منگنز (۵/۱۶ درصد) را در شرایط روده کوچک؛ و پرلیت ظرفیت باندکردن کمتر برای عناصر مس (۱/۴۱ درصد)، روی (۱/۷۴ درصد)، و منگنز (۰/۷۶ درصد) را در مقایسه با جو و گندم نشان داد. بیشترین مقدار خروج مواد معدنی در شرایط اسیدی در هر سه ماده خوراکی به‌ترتیب برای عناصر منگنز، روی، مس و آهن بود و بیشترین مقدار باندشدن در منابع آلی در شرایط تقلیدشده روده کوچک به‌ترتیب به عناصر آهن، مس، روی، و منگنز تعلق داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که الیاف جیره‌ای قابلیت دسترسی مواد معدنی را کاهش می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: باندشدن مواد معدنی، پرلیت، جو، فیبر جیره‌ای، گندم.

مقدمه

الیاف جیره‌ای (پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای) در مقابل هضم در تک‌معدده‌ای‌ها مقاوم‌اند (۵). توصیه برای افزایش استفاده از الیاف جیره‌ای در خوراک تک‌معدده‌ای‌ها، سؤالاتی را در ارتباط با تأثیرات منفی احتمالی آن‌ها بر قابلیت دسترسی مواد معدنی ایجاد کرده است (۱۳ و ۱۴). در این زمینه، نتایج متناقضی از مطالعات گسترده برون‌تنی (۱۱ و ۱۴) و درون‌تنی (۷ و ۲۶) گزارش شده است که امکان نتیجه‌گیری روشن را دشوار کرده است.

کاهش ماندگاری مواد هضمی در روده و به تبع آن کاهش جذب مواد معدنی، تخریب سلول‌های مخاطی روده و ایجاد اختلال در انتقال مواد معدنی، ایجاد کمپلکس‌های پایدار و غیرقابل جذب فیبر با مواد معدنی، و در نتیجه کاهش سطح مواد معدنی یونیزه و قابل جذب، سازوکارهایی هستند که برای توجیه تأثیر منفی الیاف جیره‌ای بر قابلیت دسترسی مواد معدنی پیشنهاد شده‌اند. سازوکار اصلی الیاف جیره‌ای در کاهش قابلیت دسترسی مواد معدنی تشکیل کمپلکس‌های پایدار و غیرقابل جذب فیبر با مواد معدنی است (۱۲، ۱۶ و ۲۲). الیاف جیره‌ای پس از مصرف، از معده، روده، و کولون عبور می‌کنند (۱۵) و تحت تأثیر شرایط داخلی خاص این بخش‌ها (مانند اسیدیته موضعی، قدرت یونی، و متوسط زمان عبور) قرار می‌گیرند (۳، ۱۰، ۲۰ و ۲۴). سه عنصر فلزی مس، روی، و آهن (با میل ترکیبی متفاوت، مس > روی > آهن) با همی سلولز باند می‌شوند (۳۲). لیگنین بازدارنده‌ای قوی برای آهن است (۱۱).

پرلیت که در این آزمایش به‌عنوان منبع غیرآلی استفاده شده است، سنگ شیشه‌ای آتشفشانی است که دارای اسیدیته خنثی است و از سال ۱۹۹۵ انجمن رسمی کنترل غذای حیوانات آمریکا آن را تأیید کرده‌اند (۳۶). همچنین، کاربرد این ماده به‌عنوان افزودنی غذایی در اروپا تأیید شده است (۳۷). محققان استفاده از سطوح ۲/۵ و پنج درصد پرلیت را در جیره جوجه‌های گوشتی مطالعه کردند و در

تحقیقات خود تفاوت‌های معنی‌داری روی فاکتورهای عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد ندیدند (۳۳). بیشترین حجم استخوان درشت‌نی در نتیجه افزودن پنج درصد پرلیت به جیره مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد. با افزایش سطح پرلیت از ۲/۵ به پنج درصد افزایش معنی‌داری در حجم استخوان درشت‌نی مشاهده شد. همچنین استفاده از پنج درصد پرلیت در جیره وزن نسبی استخوان درشت‌نی را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. افزودن پرلیت در سطح ۲/۵ درصد افزایش معنی‌داری در چگالی استخوان درشت‌نی در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد کرد. در همین راستا، اضافه کردن پرلیت در جیره غذایی خوک‌ها باعث افزایش معنی‌داری در مصرف خوراک روزانه و وزن بدن گروه‌های آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد می‌شود (۳۴).

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر غلات حاوی پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در اتصال به کاتیون‌ها در شرایط برون‌تنی بود.

مواد و روش‌ها

مقدار رطوبت، خاکستر، فیبر خام، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، و لیگنین (ADL) در گندم و جو به‌کمک روش توصیه شده، اندازه‌گیری شد (۳۰). درصد پروتئین خام از روش استاندارد (۱) اندازه‌گیری و کل کربوهیدرات‌ها از طریق رابطه ۱ محاسبه شد:

(۱)

(خاکستر+رطوبت+عصاره اتری+پروتئین) - ۱۰۰ = کل کربوهیدرات و یسکوزیته برطبق روش توصیه شده اندازه‌گیری شد (۹). کل فیبر جیره‌ای گندم و جو براساس روش استاندارد به‌دست آمد (۲). مقدار سلولز و همی سلولز به ترتیب به‌کمک روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید:

(۲) $ADF - ADL = \text{سلولز}$

(۳) $NDF - ADF = \text{همی سلولز}$

تولیدات دامی

ریخته و باقیمانده چندین بار با آب فوق خالص شسته شد. نمونه‌ها به‌روش خشک‌کردن در سرما، خشک و در بخش‌های ۱/۵ گرمی برای تجزیه مواد معدنی نگهداری شدند (۱۴ و ۳۵).

برای ارزیابی ظرفیت باندشدن مواد معدنی تحت شرایط فیزیولوژیکی تقلیدشده کولون (با اسیدیته کمی اسیدی‌تر)، نمونه‌های دو گرمی حاصل از تیمار با شرایط روده باریک (مرحله قبل) با محلول بافر (محلول دو میلی‌مولار ۵/۸ (MES) 2-N-morpholino ethane sulfuric acid، pH= در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری به‌مدت سه ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. محلول حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ (g ۲۵۰۰) شد و باقیمانده‌ها چندین بار با آب فوق خالص شسته شد تا اسیدیته برابر هفت شد. نمونه‌ها به‌روش خشک‌کردن در سرما، خشک و بخش‌های ۱/۵ گرمی از هر کدام از آن‌ها برای تجزیه مواد معدنی نگهداری شد (۱۴ و ۳۵).

از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی برای اندازه‌گیری آهن، منگنز، روی، و مس موجود در مواد خوراکی استفاده شد. ۰/۵ گرم از نمونه‌های حاصل از هضم پیش‌معدله‌ای، روده باریک و کولون به شکل مرطوب خاکستر شدند. این عمل به ترتیب با اسیدنیتریک (۶۵ درصد)، پراکسید هیدروژن (۳۰ درصد)، و با اسیدکلریک یک مولار انجام شد. سپس با دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی، غلظت آهن، منگنز، روی، و مس موجود در محلول خاکسترشده اندازه‌گیری شد. قبل از اندازه‌گیری برای اطمینان از عدم آلودگی با مواد معدنی، تمام ظروف شیشه‌ای ابتدا با اسیدکلریک ۱۰ و سپس سه بار با آب خالص شسته شدند (۱).

پس از به‌دست آوردن مقادیر مواد معدنی اندوژنوس موجود در مواد خوراکی و نمونه‌های گرفته‌شده از هضم معدله‌ای، روده باریک، و کولون، درصد مواد معدنی خارج‌شده، باندشده، و آزادشده با روابط ۴، ۵، و ۶ محاسبه شد (۱۴ و ۳۵):

برای تعیین ظرفیت باندشدن مواد معدنی و مواد خوراکی، از روش شبیه‌سازی‌شده دستگاه گوارش تک‌معدله‌ای‌ها استفاده شد. سه بخش اصلی دستگاه گوارش یعنی معده، روده باریک، و کولون شبیه‌سازی شد و اسیدیته، دما، و زمان انکوباسیون به‌دقت کنترل شد. در صورت نیاز، اسیدیته بخش‌های گوناگون (معدله ۱/۵، روده باریک ۶/۸، و کولون ۵/۸) با HCl یا NaOH تنظیم شد. زمان انکوباسیون برای سه بخش براساس متوسط زمان لازم برای عبور مواد خورده‌شده در نظر گرفته شد (۱۴ و ۳۵).

به‌منظور ارزیابی میزان باندشدن مواد معدنی در معده، مقدار ۲۵ گرم از نمونه مواد خوراکی گندم، جو، و پرلیت در محلول HCl یک درصد در بشر ۶۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به‌مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به‌آرامی تکان داده شد. محلول حاصل با کاغذ صافی بدون خاکستر وایتمن ۵۴۱ صاف شد و باقیمانده چندین بار با آب فوق خالص شست‌وشو داده شد، به نحوی که اسیدیته مایع زیر صافی به هفت (خنتی) برسد. سپس کل نمونه‌های الیافی تیمارشده با شرایط معده، در سرما خشک (Freeze Drying) شدند و به‌صورت نمونه‌های ۴/۵ گرمی برای تجزیه مواد معدنی نگهداری شدند (۱۴ و ۳۵).

برای تعیین ظرفیت باندشدن مواد معدنی تحت شرایط تقلیدشده روده باریک، بخش‌های چهار گرمی از هر کدام از الیاف باقی‌مانده از تیمار در شرایط معده، با ۴۰ میلی‌لیتر از محلول مکمل با غلظت یک گرم در لیتر حاوی ۳۹ درصد منگنز، ۳۸ درصد روی، ۱۹ درصد آهن، و چهار درصد مس در ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری مخلوط شد. سپس حجم مخلوط با اضافه‌کردن محلول بافر (محلول دو میلی‌مولار 2-N-morpholino ethane sulfuric acid (MES)، pH=۶/۸) به ۴۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به‌مدت سه ساعت با تکان دادن ملایم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. محلول حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ (g ۲۵۰۰) شد. بخش بالایی دور

تولیدات دامی

$$(4) \quad 100 \times \frac{\text{مواد معدنی باند شده‌ی معده‌ای} - \text{مواد معدنی اندوژنوسی}}{\text{مواد معدنی اندوژنوسی}} = \text{درصد مواد معدنی خارج شده}$$

$$(5) \quad 100 \times \frac{\text{مواد معدنی باند شده‌ی معده‌ای} - \text{مواد معدنی باند شده‌ی روده باریک}}{\text{کل مواد معدنی اگزوژنوسی اضافه شده}} = \text{درصد مواد معدنی باند شده}$$

$$(6) \quad 100 \times \frac{\text{مواد معدنی باند شده‌ی کولون} - \text{مواد معدنی باند شده‌ی روده باریک}}{\text{مواد معدنی باند شده‌ی روده باریک}} = \text{درصد مواد معدنی آزاد شده}$$

نتایج

هر کدام از نمونه‌ها با سه تکرار آزمایش شدند. داده‌های حاصل با نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۰) تجزیه و میانگین‌ها به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. نتایج تجزیه تقریبی گندم و جو در جدول ۱ و میزان الیاف خام، کربوهیدرات‌های دیواره سلولی، و ویسکوزیته گندم و جو در جدول ۲ آمده است. غلظت کل الیاف جیره‌ای (براساس ماده خشک) در گندم ۱۷/۲۱ و در جو ۳۵/۸۲ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۱. تجزیه تقریبی گندم و جو استفاده شده در آزمایش (درصد)

نمونه	رطوبت	پروتئین	خاکستر	عصاره اتری	کربوهیدرات
گندم	۴/۰۵ ± ۰/۴۰	۱۴/۶۹ ± ۰/۸۷	۱/۶۶ ± ۰/۱۴	۱/۲۵ ± ۰/۲۹	۷۸/۳۵ ± ۱/۷۰
جو	۴/۳۳ ± ۰/۲۰	۱۰/۹۲ ± ۰/۷۴	۲/۸۴ ± ۰/۶۳	۰/۹۶ ± ۰/۰۴	۸۰/۹۵ ± ۱/۶۱

جدول ۲. کربوهیدرات‌های دیواره سلولی و ویسکوزیته گندم و جو استفاده شده در آزمایش

نمونه	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	CF (%)	ویسکوزیته (سانتی پواز)
گندم	۱۳/۲ ± ۰/۶۶	۲/۸ ± ۰/۱۴	۱ ± ۰/۰۳	۲/۷۵ ± ۰/۵۳	۲/۰۸ ± ۰/۰۵
جو	۳۰/۰۲ ± ۱/۵۰	۶/۴ ± ۰/۳۱	۲ ± ۰/۰۸	۵/۴۳ ± ۰/۲۷	۲/۰۲ ± ۰/۰۳

جدول ۳. سلولز، همی سلولز، و کل فیبر جیره‌ای منابع آلی (گندم و جو) استفاده شده در آزمایش (درصد)

نمونه	سلولز	همی سلولز	کل فیبر جیره‌ای
گندم	۱/۸ ± ۰/۱۱	۱۰/۴ ± ۰/۵۲	۱۷/۲۲ ± ۰/۹۷
جو	۴/۴ ± ۰/۲۳	۲۳/۶۲ ± ۱/۱۹	۳۵/۸۲ ± ۱/۸۷

تولیدات دامی

بررسی اثر منابع آلی و غیرآلی در باندکردن عناصر معدنی در شرایط برون‌تنی

آزادشدن در شرایط اسیدی برای هر سه ماده خوراکی آزمایشی به ترتیب برای عناصر منگنز، روی، مس، و آهن است و ستونی که به نام درصد باندشده نام‌گذاری شده است، نشان می‌دهد که بیشترین مقدار باندشدن در غلات (گندم و جو) در شرایط تقلیدشده روده کوچک به ترتیب متعلق به عناصر آهن، مس، روی، و منگنز است که دقیقاً برعکس درصد خارج شده است. می‌توان پیشنهاد داد که گرایش غلات به این چهار عنصر به صورت آهن <مس< روی < منگنز است. درصد حذف آهن تحت شرایط اسیدی در هر سه ماده خوراکی از همه عناصر کمتر و درصد باندشدن آهن تحت شرایط تقلیدشده روده کوچک در هر سه ماده خوراکی آزمایشی در مقایسه با بقیه عناصر بیشتر است که این نشان‌دهنده گرایش بیشتر مواد خوراکی آزمایشی شده به عنصر آهن است.

مقادیر اندوژنوس، خارج شده، آزادشده، و باندشده منگنز، روی، مس، و آهن در گندم، جو، و پرلیت در شرایط فیزیولوژیکی معده در جدول ۴ نشان داده شده است. محیط اسیدی معده بیشتر مواد معدنی اندوژنوس را از نمونه‌های اولیه مواد آزمایشی حذف کرد. میزان حذف آهن در نمونه‌های آزمایشی شده در شرایط اسیدی معده کمتر از سایر عناصر بود. در بین هر سه نمونه تیمارشده با شرایط تقلیدشده دستگاه گوارش، جو بیشترین درصد باندشدن را برای تمام مواد معدنی مطالعه شده به جز آهن نشان داد ($P < 0.05$). پرلیت کمترین ظرفیت باندکردن مواد معدنی (به جز آهن) را داشت ($P < 0.05$). ظرفیت باندکردن منگنز، روی، و مس در جو و گندم بیشتر پرلیت بود. در جدول ۵، ستونی که به نام درصد خارج شده نام‌گذاری شده است، نشان می‌دهد که بیشترین مقدار

جدول ۴. مقدار مواد معدنی اندوژنوس و ظرفیت باندشدن مواد معدنی در گندم، جو، و پرلیت تحت شرایط فیزیولوژیکی تقلیدشده معده

مواد معدنی	مواد خوراکی	اندوژنوس (میکروگرم در گرم)	درصد خارج شده	درصد باندشده	درصد آزادشده
منگنز	گندم	31/25 ± 0/75 ^b	87/76 ± 2/80 ^a	2/50 ± 0/78 ^b	51/72 ± 5/01 ^b
	جو	19/25 ± 2/75 ^c	80/25 ± 5/19 ^b	5/16 ± 0/10 ^a	69/44 ± 2/24 ^a
	پرلیت	121/4 ± 0/60 ^a	91/42 ± 1/27 ^a	0/76 ± 0/05 ^c	71/65 ± 2/37 ^a
روی	گندم	25/2 ± 5/80 ^b	78/07 ± 3/13 ^b	6/61 ± 0/28 ^b	28/05 ± 2/71 ^c
	جو	21/15 ± 2/85 ^b	70/33 ± 1/62 ^c	11/07 ± 0/17 ^a	44/11 ± 3/97 ^b
	پرلیت	95/7 ± 4/30 ^a	94/30 ± 1/44 ^a	1/74 ± 0/14 ^c	81/33 ± 1/32 ^a
مس	گندم	7/7 ± 1/00 ^b	73/01 ± 8/17 ^b	17/23 ± 2/31 ^b	38/99 ± 3/28 ^b
	جو	5/65 ± 1/35 ^c	57/96 ± 3/61 ^c	44/48 ± 2/06 ^a	9/24 ± 0/39 ^c
	پرلیت	19/8 ± 0/20 ^a	86/99 ± 2/48 ^a	1/41 ± 0/21 ^c	60 ± 2/96 ^a
آهن	گندم	189/9 ± 6/10 ^b	54/34 ± 5/11 ^a	22/92 ± 0/78 ^c	64/30 ± 0/96 ^b
	جو	163/25 ± 11/75 ^b	8/48 ± 4/37 ^c	72/48 ± 3/30 ^b	28/04 ± 2/72 ^c
	پرلیت	565/65 ± 24/43 ^a	35/73 ± 2/16 ^b	83/09 ± 4/80 ^a	70/46 ± 1/88 ^a

a-c: تفاوت ارقام در ستون‌ها (مربوط به هر عنصر) با حروف غیر مشابه معنی دار است ($P < 0.05$).

تولیدات دامی

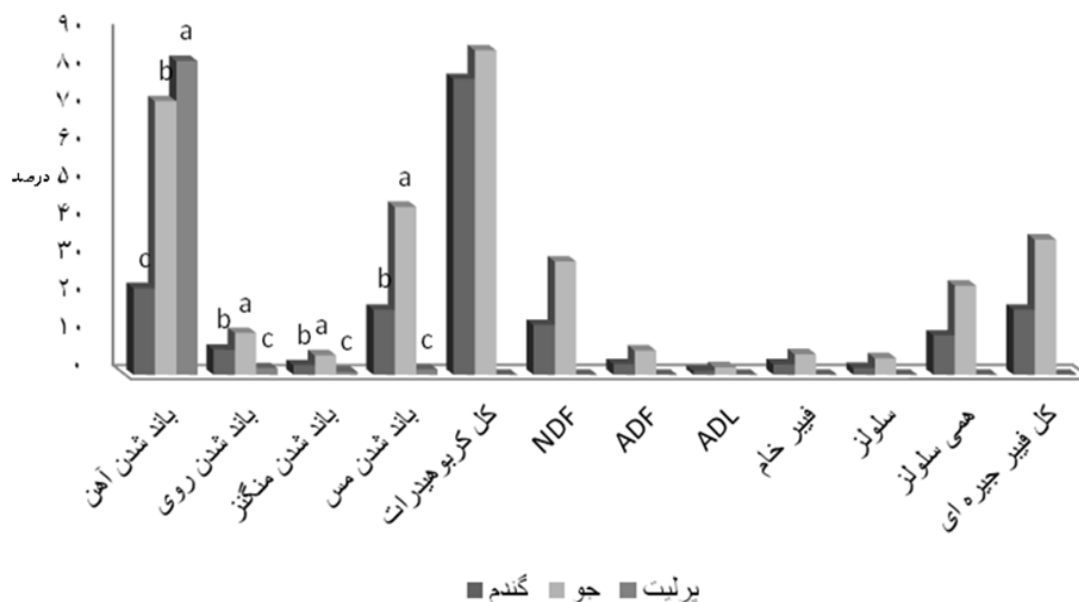
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

علی قدرت، اکبر یعقوب فر، یحیی ابراهیم نژاد، حبیب اقدم شهریار، ابوالفضل قربانی

جدول ۵. مواد معدنی اندوژنوس، خارج شده (شرایط معده)، باندشده (شرایط روده کوچک)، و آزادشده (شرایط کولون) در پرلیت، گندم، و جو

مواد خوراکی	مواد معدنی	اندوژنوس (میکروگرم در گرم)	درصد خارج شده	درصد باندشده	درصد آزادشده
پرلیت	منگنز	۱۲۱/۴ ± ۰/۶۰ ^b	۹۱/۴۲ ± ۱/۲۷ ^a	۰/۷۶ ± ۰/۰۵ ^b	۷۱/۶۵ ± ۲/۳۷ ^b
	مس	۱۹/۸ ± ۰/۲۰ ^d	۸۶/۹۹ ± ۲/۴۸ ^b	۱/۴۱ ± ۰/۲۱ ^b	۶۰ ± ۲/۹۶ ^c
	روی	۹۵/۷ ± ۴/۳۰ ^c	۹۴/۳۰ ± ۱/۴۴ ^a	۱/۷۴ ± ۰/۱۴ ^b	۸۱/۳۳ ± ۱/۳۲ ^a
	آهن	۵۶۵/۶۵ ± ۲۴/۴۳ ^a	۳۵/۷۳ ± ۲/۱۶ ^c	۸۳/۰۹ ± ۴/۸۰ ^a	۷۰/۴۶ ± ۱/۸۸ ^b
گندم	منگنز	۳۱/۲۵ ± ۰/۷۵ ^c	۸۷/۷۶ ± ۲/۸۰ ^a	۲/۵۰ ± ۰/۷۸ ^d	۵۱/۷۲ ± ۵/۰۱ ^b
	مس	۷/۷ ± ۱/۰۰ ^b	۷۳/۰۱ ± ۸/۱۷ ^b	۱۷/۲۳ ± ۲/۳۱ ^b	۳۸/۹۹ ± ۳/۲۸ ^c
	روی	۲۵/۲ ± ۵/۸۰ ^b	۷۸/۰۷ ± ۳/۱۳ ^{ab}	۶/۶۱ ± ۰/۲۸ ^c	۲۸/۰۵ ± ۲/۷۱ ^d
	آهن	۱۸۹/۹ ± ۶/۱۰ ^a	۵۴/۳۴ ± ۵/۱۱ ^c	۲۲/۹۲ ± ۰/۷۸ ^a	۶۴/۳۰ ± ۰/۹۶ ^a
جو	منگنز	۱۹/۲۵ ± ۲/۷۵ ^b	۸۰/۲۵ ± ۵/۱۹ ^a	۵/۱۶ ± ۰/۱۰ ^d	۶۹/۴۴ ± ۲/۲۴ ^a
	مس	۵/۶۵ ± ۱/۳۵ ^c	۵۷/۹۶ ± ۳/۶۱ ^c	۴۴/۴۸ ± ۲/۰۶ ^b	۹/۲۴ ± ۰/۳۹ ^d
	روی	۲۱/۱۵ ± ۲/۸۵ ^b	۷۰/۳۳ ± ۱/۶۲ ^b	۱۱/۰۷ ± ۰/۱۷ ^c	۴۴/۱۱ ± ۳/۹۷ ^b
	آهن	۱۶۳/۲۵ ± ۱۱/۷۵ ^a	۸/۴۸ ± ۴/۳۷ ^d	۷۲/۴۸ ± ۳/۳۰ ^a	۲۸/۰۴ ± ۲/۷۲ ^c

a-d: تفاوت ارقام در ستون‌ها (مربوط به هر عنصر) با حروف غیرمشابه معنی دار است (P < ۰/۰۵).



شکل ۱. مقایسه برخی ترکیبات و ظرفیت باندشدن مواد معدنی نمونه‌های آزمایشی تحت شرایط تقلیدشده روده کوچک.

تولیدات دامی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

بررسی اثر منابع آلی و غیرآلی در باند کردن عناصر معدنی در شرایط برون‌تنی

جدول ۶. درصد مواد معدنی باندشده در مقایسه با واحد الیاف جیره‌ای

نمونه	Cu	Mn	Fe	Zn
پرلیت	1/41 ± 0/21 ^a	0/76 ± 0/05 ^a	83/09 ± 4/80 ^a	1/74 ± 0/14 ^a
گندم	1/00 ± 0/13 ^b	0/14 ± 0/04 ^b	1/33 ± 0/04 ^b	0/38 ± 0/01 ^b
جو	1/24 ± 0/05 ^{ab}	0/14 ± 0/01 ^b	2/02 ± 0/09 ^b	0/30 ± 0/004 ^b

a-c: تفاوت ارقام در ستون‌ها (مربوط به هر عنصر) با حروف غیرمشابه معنی‌دار است (P < 0/05).

ماده معدنی ممکن است از طریق برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک باشد (۲۰ و ۲۸).

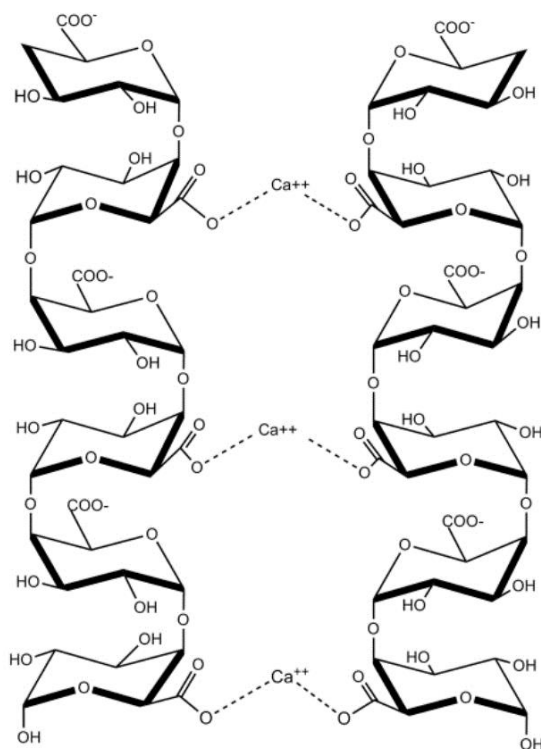
نتایج باندشدن آهن توسط پرلیت نشان می‌دهد که پرلیت ممکن است حاوی بیشترین تعداد مکان‌های به‌خصوص برای باندشدن با آهن باشد یا اینکه ممکن است تعداد برابر مکان‌ها ولی با گرایش بیشتر و قوی‌تر برای آهن در مقایسه با دو تیمار دیگر داشته باشد. مقدار آهن اندوژنوس در پرلیت بیشتر از گندم و جو است و آهن از عناصر اصلی در پرلیت است که به‌صورت اکسید آهن در آن وجود دارد. به همین دلیل، گرایش پرلیت به آهن در مقایسه با عناصر دیگر بیشتر است و آن را بیشتر از منابع آلی (گندم و جو) باند می‌کند. بخش محلول الیاف جیره‌ای که پکتین از ترکیبات مهم آن است با داشتن گروه کربوکسیل آزاد می‌تواند با کاتیون‌های دوظرفیتی کمپلکس تشکیل دهد، به این ترتیب کاهش قابلیت دسترسی آن‌ها را کاهش می‌دهد (۱۷ و ۱۸). هموگالاکتورونان فراوان‌ترین پلیمر پکتین است که در حدود ۶۰ درصد پکتین را در دیواره سلولی تشکیل می‌دهد (۲۵). هموگالاکتورونان‌های غیرمتیله با کاتیون‌های دوظرفیتی برای ایجاد ژل با دیگر مولکول‌های پکتین واکنش می‌دهد. این مدل را جعبه تخم‌مرغی (egg-box) می‌گویند (شکل ۲). الیاف جیره‌ای تأثیر منفی بر قابلیت دسترسی مواد معدنی دارند که نتایج این تحقیق با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت دارد (۴، ۸ و ۲۱).

گزارشات حاکی از آن است که نوع فیبر جیره‌ای گندم و جو، هر چهار عنصر آزمایشی را به یک نسبت از دسترس خارج می‌کند زیرا اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (P > 0/05) (جدول ۶). نسبت باندکردن جو به گندم می‌تواند نشان دهد که در صورت جایگزینی جو با گندم، مقدار عنصر لازم خاص در جیره باید چندبرابر شود.

بحث

در این آزمایش، تیمارکردن نمونه‌ها با اسید باعث حذف بیشتر مواد معدنی اندوژنوس شد که این نتایج با نتایج تحقیقات گذشته همخوانی دارد (۱۳ و ۲۰). طبق نظرهای ارائه‌داده‌شده در تیمارکردن با اسید، نمک‌های ایجادشده در مدل جعبه تخم‌مرغی (egg-box) از بین می‌رود و باعث آزادشدن مواد معدنی می‌شود. در حالت اسیدی و اسیدیته پایین، کربوکسیل آزاد (-COO⁻) و متصل به کاتیون شروع به پروتونه شدن می‌کند و به COOH تبدیل می‌شود، بنابراین پل نمکی بین زنجیره‌ها از بین می‌رود و کاتیون آزاد می‌شود و زنجیره‌ها به همدیگر نزدیک‌تر می‌شوند و با همدیگر پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند که به‌مراتب از پیوند نمکی ضعیف‌تر است (۳۱). همچنین با تخریب شبکه الیافی توسط اسید، این شبکه که باعث به‌دام‌افتادن مواد معدنی می‌شود، از بین می‌رود (۳۱). براساس نتایج تحقیقات، آزادشدن غیرمؤثر آهن اندوژنوس تحت شرایط اسیدی معده چنین نتیجه می‌دهد که سازوکار باندشدن این

تولیدات دامی



شکل ۲. مدل جعبه تخم مرغی (egg-box) اتصال عرضی کاتیون‌ها در پلی ساکاریدهای هموگالاکتورونان. این خصوصیات برای فرایند ایجاد ژل مطلوب است، بنابراین به وسیله تکنولوژیست‌های غذایی برای تهیه مربا و تولیدات میوه‌های فرایند شده استفاده می‌شود.

آرایش میکروفیبریل‌ها اجازه وجود فضاهای کوچکی بین میکروفیبریل‌ها می‌دهد که با پلی ساکاریدها براساس مرحله رشد دانه و نوع بافت پر می‌شود (۱۹). مواد معدنی می‌توانند در ماتریکس فیبری به دام بیفتند. جو سلولز بیشتری در مقایسه با گندم دارد و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در آن بیشتر از گندم است. بعضی از زنجیره‌های زایلوگلوکان (به‌عنوان ترکیب مهم همی سلولزی) با میکروفیبریل‌های سلولزی اتصال برقرار می‌کنند که نقش مهم حمایتی و نگهدارنده دیواره را بازی می‌کنند، بقیه زنجیره‌های زایلوگلوکان با میکروفیبریل‌های سلولزی و پلیمرهای پکتین اتصال عرضی برقرار می‌کنند و با همدیگر کمپلکس ماتریکس دیواره سلولی را کامل می‌کنند که مکان مناسبی برای به‌دام‌افتادن مواد معدنی است. همی سلولز جو بیشتر از گندم است که خود می‌تواند

مدل جعبه تخم مرغی (egg-box) از طریق کاتیون‌های دو ظرفیتی اتفاق می‌افتد و تشکیل ژل می‌دهد که در حدود ۷۰ درصد پکتین را در دیواره سلولی شامل می‌شود (۲۳). ظرفیت باند کردن به مقدار NDF، ADF، لیگنین، کل فیبر جیره‌ای، فیبر خام، سلولز، و همی سلولز بستگی داشت (شکل ۱). با افزایش این ترکیبات ظرفیت باند شدن مواد معدنی افزایش پیدا کرد.

سلولز یک پلیمر غیرشاخه‌دار غیرمحلول خطی β -۱,۴-گلوکز هست که زنجیره‌های سلولز به وسیله پیوند هیدروژنی و نیروی واندروالس با هم ارتباط برقرار می‌کنند. زنجیره‌های سلولز با همدیگر میکروفیبریل‌ها را تشکیل می‌دهند که ساختار کریستالی و نامحلول دارد. میکروفیبریل‌های سلولزی هسته دیواره سلولی گیاه را تشکیل می‌دهد، یک سوم کل توده دیواره، سلولز هست.

تولیدات دامی

4. Caprez A and Fairweather-Tait SJ (1982) The effect of heat treatment and particle size of bran on mineral absorption in rats. *British Journal of Nutrition*. 48: 467.
5. Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS and Webb C (2002) Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Science*. 54: 587-592.
6. Cosgrove DJ (2005) Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 6: 850-861.
7. Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Remesy C, Vermorel M and Ravssignuir Y (1997) Effect of soluble or partly soluble dietary fibers supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *European Journal of Clinical Nutrition*. 51: 375-380.
8. Davies NT, Hristic V and Flett AA (1977) Phytate rather than fibre as the major determinant of zinc bioavailability to rats. *Nutrition Reports International*. 15: 207.
9. Debon SJJ and Tester RF (2001) *In vitro* binding of calcium, iron and zinc by non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*. 73: 401-410.
10. Elhardallou SB and Walker AF (1999) The effect of multi-mineral mix (Fe, Zn, Ca and Cu) on magnesium binding to starchy legumes under simulated gastrointestinal conditions. *Food Chemistry*. 67: 113-121.
11. Fernandez R and Phillips SF (1982) Components of fiber bind iron *in vitro*. *American Society for Clinical Nutrition*. 35: 100-106.
12. Harland BF (1989) Dietary fiber and mineral bioavailability. *Nutrition Research Reviews*. 2: 133-147.

دلیلی بر بیشتر بودن ظرفیت باندکردن مواد معدنی جو در مقایسه با گندم باشد (۶).

ترکیبات یا سازوکارهای پیچیده دیگر می‌تواند در مقدار باندشدن تأثیر داشته باشد. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده توصیه می‌شود که از منابع متفاوت کربوهیدراتی و مکمل‌های معدنی آزمایش‌های بیشتری صورت بگیرد. فیبرهای منابع گیاهی گوناگون ساختمان شیمیایی گوناگونی را نشان می‌دهند، بنابراین ظرفیت باندشدن متفاوتی دارند (۲۷ و ۲۹). نتیجه‌گیری مشخص برای رابطه بین ترکیبات منابع آزمایش‌شده و باندشدن مواد معدنی مشکل است، زیرا مواد خوراکی گیاهی معمولاً ترکیبات متفاوت و متنوعی دارد که امکان باندشدن با مواد معدنی را دارد.

فیبر جیره‌ای تأثیر منفی روی قابلیت دسترسی مواد معدنی داشت. نوع فیبر جیره‌ای گندم و جو، منگنز، و روی را به یک نسبت از دسترس خارج می‌کند، ولی در عناصر مس و آهن فیبر جیره‌ای جو خاصیت باندکنندگی قوی‌تری در مقایسه با فیبر جیره‌ای گندم دارد. نسبت باندکردن جو به گندم می‌تواند نشان دهد که در صورت جایگزینی جو با گندم مقدار عنصر لازم خاص در جیره چند برابر باید شود که به ترتیب برای عناصر مس، روی، منگنز، و آهن ۲/۵، ۱/۶، و ۳/۱ است.

منابع

1. AOAC (1990) 15th edition Association of official analytical chemists, Washington, DC.
2. Association of Official Analytical Chemists (1985) Official Methods of Analysis, 14th ed., 1st suppl. Secs. 43: A14-43, A20, P. 399.
3. Camire AL and Clydesdale FM (1981) Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc and iron to wheat bran and fractions of dietary fiber. *Journal of Food Science*. 46: 548-551.

تولیدات دامی

13. Idouraine A, Hassani BZ, Claye SS and Weber CW (1995) *In vitro* mineral binding capacity of various fiber sources magnesium, zinc and copper. *Agriculture and Food Chemistry*. 43: 1580-1584.
14. Idouraine A, Khan MJ, Kohlhepp EA and Weber CW (1996) *In vitro* mineral binding capacity of three fiber sources for Ca, Mg, Cu and Zn by two different methods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 47: 285-293.
15. Ji SK (1998) *Biomaterial: Absorptive Process of Mineral Nutrients through Small Intestine Membrane*; KIP: Seoul, Korea. Pp. 43-61.
16. Kelsay JL (1986) Update on fiber and mineral availability. In *Dietary Fibers, Basic and Clinical Aspects*, Vahouny G and Kritchevsky D, Eds.; Plenum Press: New York. Pp. 361-372.
17. Kim M and Atallah MT (1992) Structure of dietary pectin, iron bioavailability and hemoglobin repletion in anemic rats. *Journal of Nutrition*. 122: 2298.
18. Kim M and Atallah MT (1993) Intestinal solubility and adsorption of ferrous iron in growing rats are affected by different dietary pectins. *Journal of Nutrition*. 123: 117.
19. Kreze T, Smole S, Strnad K, Kleinschek S and Hribernik S (2005) Characterization of grass fibres. *Journal of Materials Science*. 40: 5349-5353.
20. Laszlo JA (1989) Effect of gastrointestinal conditions on the mineral binding properties of dietary fibers. In *Mineral Absorption in the Monogastric GI Tract*; Dintzis FR and Laszlo JA, Eds.; Plenum Press: New York. Pp. 133-145.
21. McKenzie JM and Davies NT (1981) Influence of dietary protein on zinc availability from bread in rats. In *"Trace Element Metabolism in Man and Animals-4"* (Howell JMcC, Gawthorne JM and CL White CL, Eds.), p. 111. Australian Academy of science, Canberra.
22. Munoz JM and Harland BF (1993) Overview of the effect of dietary fiber on the utilization of minerals and trace elements. In *CRD Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*; Spiller GA, Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL. Pp. 245-252.
23. Obro J, Harholt J, Sheller HV and Orfila C (2004) Rhamnogalacturonan-I in solanum tuberosum tubers contains complex arabinogalactan structures. *Phytochemistry*. 65: 1429-1438.
24. Platt SR and Clydesdale FM (1987) Mineral binding characteristics of lignin, guar gum, cellulose, pectin and neutral detergent fiber under simulated duodenal pH conditions. *Journal of Food Science*. 52: 1414-1419.
25. Ridley BL, Neill O and Mohnen D (2001) Pectins: Structure, biosynthesis and oligogalacturonide-released signaling. *Phytochemistry*. 57: 929-967.
26. Shah BG, Malcom S, Belonje B, Trick KD, Brassard R and Monge AR (1990) Effect of dietary cereal brans on the metabolism of calcium, phosphorus and magnesium, in a long-term rat study. *Nutrition Research*. 10: 1015.
27. Slavin JL (1987) Dietary fiber: Classification, Chemical analyses and food sources. *Journal of the American Dietetic Association*. 87: 1164.
28. Thompson SA and Weber CW (1981) Copper and zinc binding to dietary fiber sources: An ion exchange column method. *Journal of Food Science*. Pp. 125-126.
29. Van Soest PJ and Jones LHP (1988) Analysis and classification of dietary fiber. In *"Trace*

- Element Analytical Chemistry in Medicine and Biology" P. Bratter and P. Schramel (Eds.), P. 351. Walter de Gruyter, NY.
30. Van Soest PJ (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Association of Official Analytical Chemists. 50: 50-55.
 31. Haug A (1964) Composition and properties of alginates. Rep. Norw. Inst. Seaweed Res., (30): 123 p.
 32. Mod RR, Ory RL, Morris NM, Normand FL, Saunder RM and Gumbmann MR (1985) Effect of rice hemicellulose and microcrystalline α -cellulose on selected minerals in the blood and feces of rats. Cereal Science. 3: 87-93.
 33. Tatar A, Boldaji F, Dastar B and Yaghobfar A (2008) Effects of perlite and zeolite on serum characteristics, bone ash, gut PH and performance of broiler chickens. 13th Asian-Australian Animal Science Association congress. Vietnam. P. 273.
 34. Glodek P (1980) Perlite in hogs fattened feeds. University of Gottingen, Germany.
 35. Wong K and Cheung P (2005) Dietary fibers from mushroom *Sclerotia*: 2. *In vitro* mineral binding capacity under sequential simulated physiological conditions of the human gastrointestinal tract. Agriculture and Food Chemistry. 53: 9401-9406.
 36. Saglik AU (2009) Alkali-silica reactivity and activation of ground perlite containing cementitious mixtures. M.Sc. Thesis. Turkey: Middle East Technical University, Department of Civil Engineering. 153 p.
 37. Dyer A, Tangkawanit S and Rangriwatananon K (2004) Exchange diffusion of Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} into analcime synthesized from perlite. Microporous and Mesoporous Materials. 75: 273-279.