

Measuring the apparent nutrient digestibility of wheat straw and wheat straw mixed with rice hull by using three methods of acid-insoluble ash, acid-insoluble lignin and collecting total feces in camels

Mostafa Hossein Abadi^{3*} - Jafar Bashtini⁴ - Hadi Behzad¹ - Taghi Ghoorchi²

1- Master's Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2- Professor Dept. of Animal and Poultry nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

3- Ph.D Graduated Dept. of Animal and Poultry nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

3- Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Razavi Khorasan Province

Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com

Abstract

Introduction: Various method have been used to evaluating the digestibility coefficients of nutrients. Total fecal collection method (TFC) is a reliable method for determining the digestibility of rations using live animals. In this method, animal are kept in a metabolic cage in to collect all the feces, making it the most accurate method for measuring feed digestibility. Total collection of faeces (TCF) is one of the most accurate direct procedures to determine apparent digestibility. Despite its accuracy, TFC is labor-intensive and time-consuming when evaluating a wide range of feed samples and requiring a large number of animals. Moreover, animals should be confined in stalls, considering that being surrounded will be accepted by camels for a short period and training is necessary for camels fed with ration contain-ing high amounts of energy. Other dis-advantage of keeping the animal trapped includes the po-tential impact on animal metabolism. These problems led to separation from the animal's normal behavior. Accurate measurement of food intake and fecal collection is a tough work. Digestibility coefficients can be measured indirectly by markers. Various indigestible markers include polyethylene Various indigestible markers include polyethylene, chromium oxide (Cr₂O₃), acid detergent lignin (ADL) and acid-insoluble ash (AIA) have been used to determine the digestibility of nu-trients in different parts of gastrointestinal tract. By the end of 19th century, lignin was considered as a po-tential internal marker for the estimation of

digestibility. Because no specific enzymes exist for degradation of lignin in mammals or in anaerobic bacteria, different results have been re-reported by researchers when using ADL for the estimation of digestibility. Digestibility was reported to be underestimated when using AIA as a natural marker. However, it is difficult to apply this method to grazing animals. AIA is one of the most common internal indicators for determining apparent digestion coefficients. One of the advantages AIA compared to other markers is simplicity of analysis and it does not need special equipment. This study aims to evaluate the nutrient apparent digestibility of different diets in camels using AIA, ADL and TFC.

Materials and methods: The field phase of the research was conducted at Asrar Sabzevar Agricultural Research Station, and the laboratory phase was conducted at the Animal and Poultry Nutrition Laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Four male camels (age=1 year, BW= 116.3±9.35 kg) were used in a completely random design to measure the apparent digestibility of nutrients in wheat straw and wheat straw with rice hull using AIA, ADL, and TFC. The experimental period was 42 days (2 periods of 21 days) with 14 days of adaptation to experimental diets and 7 days of data collection. Camels had free access to water, and feeding was done once a day at 8 A.M.

Results and discussion: The results showed no significant difference between TFC and AIA for measuring the digestibility of dry matter, organic matter, crude fat, crude protein, neutral detergent insoluble fibers, and acid detergent insoluble fibers in wheat straw and wheat straw with rice hull ($P>0.05$). However, digestibility was significantly higher in TFC than in ADL ($P<0.05$).

Conclusions: The recovery percentage of AIA marker was 92.8 ± 92.38 in the diet of 75% wheat straw with 25% rice hull. Based on the study's results, AIA can be used as a suitable internal indicator to measure digestibility in camels if the recovery percentage is more than 90%. The amount of digestibility measured using AIA was close to the amount of digestibility measured using TFC.

Keywords: Acid insoluble ash, Acid insoluble lignin, Camel, Collecting total feces, Digestibility

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در شتر

هادی بهزاد^۱، تقی قورچی^۲، مصطفی حسین‌آبادی^{۳*}، جعفر باشتینی^۴

^۱دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
^۲استاد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
^۳دانش‌آموخته مقطع دکتری گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول):
Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com
^۴مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی

چکیده

این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در شتر انجام شد. تعداد ۴ نفر شتر نر با میانگین وزن $116/25 \pm 9/35$ کیلوگرم و سن یک‌سال در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مدت زمان انجام آزمایش ۴۲ روز (۲ دوره ۲۱ روزه) بود که شامل ۱۴ روز مدت زمان عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و ۷ روز نمونه‌برداری بود. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کاه گندم (۲) کاه گندم همراه با ۲۵ درصد پوسته برنج بود. نتایج این مطالعه نشان داد روش‌های جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم به‌همراه پوسته برنج وجود تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما میزان قابلیت هضم در این دو روش به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش لیگنین نامحلول در اسید بود ($P < 0/05$). میزان درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج $92/8 \pm 92/38$ بود. به‌طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه به‌نظر می‌رسد چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، میزان قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک بوده، لذا روش خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر داخلی مناسب برای محاسبه قابلیت هضم در شتر مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید، شتر، قابلیت هضم، لیگنین نامحلول در اسید

مقدمه

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی وجود دارد. روش جمع‌آوری کل مدفوع (TFC)^۱ روشی است که معمولاً برای تعیین قابلیت هضم جیره با استفاده از حیوان زنده به کار برده می‌شود. این روش قابل اعتمادترین روش اندازه‌گیری قابلیت هضم خوراک است. در این روش معمولاً حیوان داخل قفس متابولیکی به‌منظور جمع‌آوری کل مدفوع نگه‌داشته می‌شود (Ajmal Khan *et al.*, 2003). هر چند، زمان و هزینه‌بر بودن، زحمت زیاد و استفاده از حیوانات خاص، کاربرد این روش را محدود می‌کند. این موضوع منجر به بررسی روش‌هایی بر اساس مارکرهای غیر قابل هضم داخلی و خارجی شده است. مارکرهای داخلی توانایی برآورد قابل اعتماد قابلیت هضم را دارند (-) (McGeough *et al.*, 2010). استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان مارکر با روش‌های دیگر قابل مقایسه و نتایج استفاده از آن قابل قبول است (Bergero *et al.*, 2004). خاکستر نامحلول در اسید (AIA)^۲، اغلب به‌عنوان یک مارکر غیر قابل هضم برای تعیین انرژی متابولیسمی ظاهری در جوجه‌ها و قابلیت هضم در نشخوارکنندگان استفاده می‌شود (Marais, 2000). یک مزیت خاکستر نامحلول در اسید نسبت به دیگر مارکرها، سادگی آنالیز، بدون نیاز به تجهیزات خاص است (Sales, 2012). مزیت مارکر خاکستر نامحلول در اسید سهولت در اندازه‌گیری، رویه آزمایشگاهی آسان و عدم زمان‌بر بودن رویه می‌باشد (Van Keulen and Young, 1977). محاسبه قابلیت هضم به‌وسیله میزان ماده غیر قابل هضم (مارکر) در خوراک و مدفوع، اجازه‌ی جایگزینی جمع‌آوری دوره‌ای نمونه مدفوع به‌جای جمع‌آوری کل مدفوع را داد (Sales, 2012; Varga, 2006). در روش استفاده از مارکر-ها، نیازی به اندازه‌گیری مقادیر کمی غذای مصرفی و ماده دفعی نیست (Olivan *et al.*, 2007). لیگنین به‌عنوان یک مارکر داخلی به‌طور کامل بازیافت نشده و مشکل اندازه‌گیری دارد، ولی با همه این مسائل، به‌طور گسترده در گونه‌های مختلف علف‌خوار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nikkhah and Amanlou, 2012). لیگنین در مقابل اسیدها و تجزیه میکروبی بسیار مقاوم است (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). همچنین مقادیر زیادی ضایعات کشاورزی و محصولات فرعی صنایع کشاورزی سالانه در ایران تولید می‌شود (Mirzaei and Maheri, 2008). برآورد شده است که در مقیاس جهانی، مجموع تولید کاه و مواد وابسته به آن‌ها برای تأمین احتیاجات نگهداری کلیه نشخوارکنندگان دنیا کافی می‌باشد (Kazemi *et al.*, 2008). کاه گندم و سبوس برنج یکی از ضایعات کشاورزی است که می‌توان در تغذیه دام‌ها از آن استفاده کرد. سبوس برنج محصول فرعی حاصل از صیقل‌دهی دانه برنج است که

1- Total Faecal Collection

2-Acid Insoluble Ash

ضمن تولید برنج سفید به دست می آید. سبوس برنج به طور گسترده به عنوان منبع پروتئین و انرژی استفاده می شود. سبوس برنج محتوی ۱۲-۱۵ درصد پروتئین و دارای ساختار پودری می باشد (Kaewka et al., 2009). با توجه به مطالب فوق و اینکه شتر یکی از دام های اهلی ایران است که در زمینه تغذیه، تحقیقات چندانی روی آن صورت نگرفته است، هدف از این تحقیق، مقایسه اندازه گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش جمع آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید (ADL) در شتر می باشد.

مواد و روش ها

مرحله ای مزرعه ای تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسرار شهرستان سبزوار و مرحله ای آزمایشگاهی در آزمایشگاه تغذیه دام و طیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. بدین منظور سالی به ابعاد ۸ در ۶ متر در نظر گرفته شد. در داخل سالن، چهار جایگاه به ابعاد ۱/۵ در ۲ متر طوری تعبیه شد که در انتهای هر دام هنگامی که در جایگاه قرار گرفت، شیار خروجی فاضلاب به عرض ۳۰ سانتی متر (توری فلزی روی آن) واقع شد. کف جایگاه موزائیک صاف بود و مدفوع به راحتی جمع آوری می شد. ادرار دام از شیار خروجی فاضلاب خارج می شد. در این پژوهش از چهار نفر شتر نر با میانگین وزن $116/25 \pm 9/35$ با سن حدود یک سال، به مدت یک هفته دوره نمونه گیری و دو هفته دوره عادت پذیری به جیره استفاده شد. شترها حداقل اختلاف وزنی و سنی را داشتند. قبل از شروع طرح، شترها شماره گذاری شده و به منظور مبارزه با انگل های دستگاه گوارش قرص آلبندازول (برای هر ۸۰ کیلوگرم وزن زنده یک ابلت) به هر شتر خوراندند. شترها به منظور عادت پذیری با محیط سالن ۵ روز در محیط سالن آزاد بودند. سپس هر شتر در جایگاه انفرادی قرار گرفت. در این طرح از دو نوع ضایعات کشاورزی شامل کاه گندم و پوسته برنج استفاده گردید. بدین منظور تیمار یک شامل کاه گندم به تنهایی و نیز تیمار دوم کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج کاملاً مخلوط شده و در اختیار شترها قرار داده شد. حدود ۰/۵ درصد مقدار وزن هر خوراک، روزانه نمک به هر خوراک اضافه شد. آب به طور آزاد در اختیار هر شتر قرار گرفت. خوراک دهی روزانه یک بار در ساعت ۸ صبح انجام می گرفت (Bae et al., 2020).

تعیین قابلیت هضم مواد مغذی:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه‌برداری از مدفوع و خوراک در ۷ روز انتهایی آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت ۸ صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع‌آوری و توزین گردید. در آزمایشگاه، قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام (با روش کلدال)، چربی خام (AOAC., 1999)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش فیلتر بگ و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از مارکر خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد (Komarek., 1994). همچنین به منظور اندازه‌گیری انرژی خام از دستگاه بمب کالریمتر استفاده شد.

اندازه‌گیری لیگنین نامحلول در اسید:

کیسه‌های حاصل از مرحله‌ی تعیین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را در اسید سولفوریک ۷۲ درصد (Ellis *et al.*, 1946) به مدت ۳ ساعت قرار داده و هر یک ساعت هم زده شد (Komarek., 1994). درصد لیگنین نامحلول در اسید از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد لیگنین نامحلول در اسید} = \frac{\text{وزن کیسه خالی} - \text{کیسه و نمونه بعد از آون}}{\text{وزن نمونه اولیه (gr)}} * 100$$

اندازه‌گیری قابلیت هضم به روش جمع‌آوری کل مدفوع:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه‌برداری از مدفوع و خوراک در ۷ روز انتهایی آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت ۸ صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع‌آوری و توزین گردید. حدود ۱ کیلوگرم از نمونه‌های مدفوع جمع‌آوری شده در هر روز به آزمایشگاه منتقل و در نهایت یک نمونه ۵۰۰ گرمی از هر شتر برای تعیین درصد ماده خشک و خاکستر استفاده شد (Arbabi *et al.*, 2016) و مابقی نمونه‌ها برای انجام سایر آزمایشات تا زمان آنالیز، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (De Fombelle *et al.*, 2003).

قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{قابلیت هضم} = \frac{\text{مقدار ماده مغذی دفعی} - \text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}{\text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}$$

اندازه‌گیری قابلیت هضم به روش مارکر (AIA)

۵ گرم از خاکستر نمونه خوراک یا مدفوع به فلاسک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه گردید و مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه بر روی هیتر جوشانده شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ و قیف، محلول صاف گردید. فلاسک ارلن با آب مقطر ۸۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شستشو داده شد تا باقیمانده خاکستر موجود در فلاسک ارلن نیز کاملاً شسته شود. سپس کاغذهای حاوی خاکستر با پنس برداشته شد و به بوتله چینی که قبلاً وزن شده بود منتقل گردید و در کوره با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت حرارت داده شد. بعد از زمان تعیین شده کوره خاموش شد و بعد نمونه‌ها در داخل دسیکاتور خنک شدند تا به دمای اتاق برسند. بوتله چینی حاوی خاکستر با ترازوی دیجیتال وزن گردید و خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه با فرمول زیر تعیین گردید:

$$\%AIA = \frac{W_f - W_e}{W_s} \times 100$$

%AIA = درصد خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه

Wf = وزن بوتله چینی با خاکستر

We = وزن بوتله خالی

Ws = وزن ماده خشک نمونه

قابلیت هضم با استفاده از روش مارکر از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{قابلیت هضم} = 100 - \left(\frac{\text{درصد مغذی مواد در مدفوع}}{\text{درصد مارکر در غذا}} * \frac{\text{درصد مارکر در مدفوع}}{\text{درصد مواد مغذی در غذا}} \right) * 100$$

اندازه‌گیری درصد بازیافت مارکر

درصد بازیافت مارکر در مدفوع از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{بازیافت مارکر} = \frac{\text{گرم مارکر در مدفوع}}{\text{گرم مارکر در خوراک}} \times 100$$

روش تجزیه و تحلیل آماری

ضرایب قابلیت هضم به دست آمده از سه روش تعیین قابلیت هضم برای هر جیره، در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، رویه GLM با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۳) انجام شد. داده‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. معادله رگرسیون و ضریب همبستگی برای مقایسه قابلیت هضم به دست آمده با سه روش جمع آوری کل مدفوع، مارکر خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید استفاده شد.

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

مشاهده i در j تیمار: Y_{ij}

میانگین جامعه: μ

خطای آزمایشی: e_{ij}

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی:

اطلاعات مربوط به ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. پایین‌ترین درصد پروتئین خام مربوط به پوسته برنج و بالاترین درصد پروتئین خام مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در آزمایش (درصد ماده خشک جیره)

ترکیب شیمیایی	کاه گندم	پوسته برنج	۷۵ درصد کاه گندم + ۲۵ درصد پوسته برنج
Chemical composition	straw	Rice hull	Straw75%+ Rice hull25%
ماده خشک (درصد)	96.25	93.86	95.46
Dry matter (%)			
ماده آلی (درصد)	86.75	84.63	86.21

Organic matter(%)			
پروتئین خام	5.12	3.75	4.77
CP			
انرژی خام	4003	3971	3995
GE			
خاکستر			
Ash	11.25	15.37	12.27
الیاف نامحلول در شوینده خنثی			
NDF	69.82	71.72	72.04
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی			
ADF	43.14	55.50	46.43
لیگنین نامحلول در اسید			
ADL	12.14	25.45	15.46
خاکستر نامحلول در اسید			
AIA	6.72	8.27	7.1

قابلیت هضم جیره کاه گندم:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره‌ی کاه گندم با استفاده از سه روش (جمع‌آوری کل مدفوع و مارکرهای داخلی) در جدول ۲ نشان داده شده است. قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از روش جمع‌آوری کل مدفوع ۵۹/۹۵ درصد، با استفاده از مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید ۳۵/۴۴ درصد و با استفاده از مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید ۳۱/۸۳ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین قابلیت هضم ماده خشک در هر سه روش است. قابلیت هضم ماده آلی در روش جمع‌آوری کل مدفوع، مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید به ترتیب ۶۰/۱۸، ۳۸/۵ و ۳۳/۵۹ درصد می‌باشد. اختلاف معنی‌داری بین قابلیت هضم ماده آلی در هر سه روش وجود دارد. قابلیت هضم چربی خام بین روش جمع‌آوری کل مدفوع (۷۲/۴۷ درصد) و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) اختلاف معنی‌داری دارد. در صورتی که قابلیت هضم چربی خام بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۵۸/۳۸ درصد) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. قابلیت هضم پروتئین خام با استفاده از روش جمع‌آوری کل مدفوع (۵۱/۳ درصد) با دو روش دیگر اختلاف معنی‌داری دارد. اگر چه بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۱۹/۵۶ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۲۲/۰۷ درصد) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر سه روش اختلاف معنی‌داری دارد. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش جمع‌آوری

کل مدفوع (۶۰/۶۵ درصد) و دو روش دیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در صورتی که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۴۰/۵۶ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۳۹/۱۹ درصد) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. دلیل اصلی اختلاف معنی‌دار در قابلیت هضم مواد مغذی بین دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، احتمالاً مربوط به بازیافت ناقص خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع، متفاوت بودن نژاد حیوان و اختلاف در قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، جنس و یک سن باشد) می‌باشد. با توجه به اینکه قابلیت هضم لیگنین در کاه ۳۹/۳۶ درصد می‌باشد، لذا فاقد شرایطی می‌باشد که به‌عنوان مارکر داخلی معرفی شود. بنابراین علت احتمالی اختلاف معنی‌دار قابلیت هضم مواد مغذی در روش مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با دو روش دیگر را مربوط به قابلیت هضم قابل‌توجه لیگنین دانست. پایین بودن معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک در گوسفند به‌روش مارکر داخلی لیگنین نسبت به دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر خارجی اکسید کروم ناشی از بازیافت ناقص لیگنین در مدفوع می‌باشد (Elam *et al.*, 1962).

جدول ۲- قابلیت هضم مواد مغذی کاه گندم

Table 2- Nutrient digestibility of wheat straw diet

Parameters	روش			SEM
	جمع‌آوری کل مدفوع	خاکستر نامحلول در اسید	لیگنین نامحلول در اسید	
	Total Fecal Collection	Acid Insoluble Ash	Acid Detergent Lignin	
ماده خشک	59.95 ^a	35.44 ^b	31.83 ^c	1.45
Dry matter				
ماده آلی	60.18 ^a	38.50 ^b	33.59 ^c	1.79
Organic matter				
عصاره اتری	72.47 ^a	54.41 ^b	58.38 ^b	2.65
Ether Extract				
پروتئین خام	51.30 ^a	19.56 ^b	22.07 ^b	3.21
Crude protein				
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	60.65 ^a	93.81 ^b	34.75 ^c	1.96
NDF				
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	64.04 ^a	40.56 ^b	39.19 ^b	1.93
ADF				
انرژی خام	51.16 ^b	67.43 ^a	67.06 ^a	1.94
GE				
لیگنین نامحلول در اسید	39.36	----	----	----
ADL				

*حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

*Values with different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

محققین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم را با روش جمع‌آوری کل مدفوع به ترتیب ۴۴/۸۱ درصد، ۴۸/۰۲ درصد، ۵۳/۳۵ درصد و ۵۰/۹۵ درصد گزارش کردند (Cianci *et al.*, 2004). با توجه به اینکه میزان پروتئین خام کاه گندم در این آزمایش، ۲ برابر میزان پروتئین خام کاه گندم آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004) می‌باشد، چنانچه غذا از نظر مقدار پروتئین فقیر و یا پروتئین موجود در مقابل تجزیه مقاوم باشد، تراکم آمونیاک در شکمبه کم خواهد بود (تقریباً ۵۰ میلی‌گرم در لیتر). در این حالت رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه به‌کندی صورت گرفته و تجزیه کربوهیدرات‌ها به تأخیر می‌افتد (Sufi Siavash and Janmohammadi., 2004). لذا دور از انتظار نیست که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در این آزمایش بالاتر از آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004) باشد.

جدول ۳- بازیافت خاکستر نامحلول در اسید (AIA) در مدفوع (درصد)

Table 3- Recovery of acid-insoluble ash (AIA) in feces

parameter	پوسته برنج Rice hull	۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج 75% wheat straw with 25% Rice hull
بازیافت Recycling (percentage)	63.4±76.73	92.8±92.38

¹- Mean ± standard deviation

یکی دیگر از دلایل اختلاف نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004)، عامل حیوانی می‌باشد. در تحقیق سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004) قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، یک جنس و یک سن باشند) متفاوت است (Sufi Siavash and Janmohammadi., 2004). اندازه ذرات کاه گندم در آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004) حدود ۷ سانتی‌متر بود. در این آزمایش اندازه ذرات حدود ۲-۳ سانتی‌متر می‌باشد. خرد کردن و پلت کردن منجر به کاهش هضم الیاف جیره می‌شود. اگرچه خرد کردن سطح تماس را برای حمله میگرورگانیسم‌ها افزایش، زمان ابقای ذرات را در دستگاه گوارش کاهش و در کل قابلیت هضم کل دستگاه گوارش را کاهش می‌دهد (Varga., 2006). هر چند قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با وجود کوچک بودن اندازه ذرات در این آزمایش بیشتر است، که می‌تواند ناشی از

سایر عوامل مؤثر بر قابلیت هضم الیاف باشد. فاکتورهای مؤثر در هضم الیاف علوفه، شامل میزان مصرف ماده خشک، اثر متقابل کنسانتره و دیگر منابع الیافی جیره با منبع علوفه، عمل‌آوری و اندازه ذرات می‌باشد (Varga, 2006). به‌طور کلی بالاتر بودن ضرایب قابلیت هضم این آزمایش را نسبت به آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al.*, 2004) می‌توان مربوط به پایین‌تر بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۶۹/۸۲ درصد در برابر ۸۲/۲۸ درصد) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۴۳/۴۲ درصد در برابر ۵۷/۶۸ درصد) دانست. مقدار الیاف پذیرفته شده توسط حیوان نه تنها در قابلیت هضم الیاف خام، بلکه در قابلیت هضم سایر گروه‌های مواد مغذی نیز مؤثر است. علت اصلی این امر آن است که مواد درون سلولی هنگامی قابل استفاده می‌باشد که جدار سلول (الیاف خام) تجزیه شده باشد (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم را به ترتیب ۴۸/۴ درصد، ۵۵ درصد، ۴۲ درصد، ۴۶/۸ درصد، ۵۴/۲ درصد و ۴۹/۲ درصد گزارش شد (Lopez *et al.*, 1998). به‌طور کلی می‌توان اختلاف نتایج لوپز و همکاران (Lopez *et al.*, 1998) با نتایج این تحقیق را ناشی از محتوای بالای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۷۹/۹ درصد)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۵۳/۲ درصد) و درصد پروتئین پایین (۲/۲ درصد) کاه گندم مورد استفاده در آزمایش لوپز و همکاران (Lopez, *et al.*, 1998) نسبت کاه مورد استفاده در این آزمایش دانست. محققین گزارش کردند تغییرات در قابلیت هضم ماده آلی با تغییرات در الیاف نامحلول در شوینده خنثی بهتر توجیه می‌شود (Dulphy *et al.*, 1998). مقدار منفی قابلیت هضم پروتئین کاه گندم ناشی از مصرف پایین پروتئین می‌باشد (Lopez *et al.*, 1998). طبق نتایج محققین، تغییرات در قابلیت هضم ماده آلی با تغییرات در الیاف نامحلول در شوینده خنثی (در لاما) بهتر توجیه می‌شود (Dulphy *et al.*, 1998). اگر علوفه با کیفیت بالا در دسترس نباشد، شتر می‌تواند به‌طور مؤثری با افزایش زمان ابقای الیاف در پیش‌معده به مدت بیش از ۷۲ ساعت، علوفه با کیفیت پایین را استفاده کند. به‌عبارت دیگر، تغذیه علوفه با پروتئین پایین به‌طور مؤثری باعث استفاده مجدد اوره بدن برای سنتز پروتئین میکروبی می‌شود (Raziq *et al.*, 2008).

قابلیت هضم جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج با استفاده از سه روش (جمع‌آوری کل مدفوع و مارکرهای داخلی) در جدول ۴ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری بین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده نشد. بین دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید با مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. عدم

اختلاف معنی‌دار بین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را می‌توان به بازیافت $92/8 \pm 92/38$ درصدی (جدول ۳) مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع اشاره نمود. به نظر می‌رسد در آزمایشاتی که بازیافت مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش جمع‌آوری کل مدفوع باشد. محققین پیشنهاد کردند که جیره حاوی کمتر از ۰/۷۵ درصد خاکستر نامحلول در اسید ممکن است مقادیر قابلیت هضم را تحت تأثیر قرار دهد (Thonney *et al.*, 1985). همچنین دریافتند در همه جیره‌های آزمایشی به‌جز جیره‌هایی که به‌طور طبیعی محتوی مقدار خیلی پایین خاکستر نامحلول در اسید هستند، تفاوت معنی‌داری بین میانگین قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید وجود ندارد. جیره‌های حاوی دانه غلات بالا که به‌طور طبیعی محتوی مقدار پایین خاکستر نامحلول در اسید می‌باشد، قابلیت هضم حاصل از دو روش را با اختلاف بیشتری نشان می‌دهند.

جدول ۴- قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج

Table 4- The digestibility of the chemical compounds of the ration is 75% wheat straw along with 25% rice hull

قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)	روش Method			SEM
	جمع‌آوری کل مدفوع Total Fecal Collection	خاکستر نامحلول در اسید Acid Insoluble Ash	لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin	
ماده خشک Dry matter	44.53 ^a	45.73 ^a	21.11 ^b	1.46
ماده آلی Organic matter	47.26 ^a	48.25 ^a	25.98 ^b	1.44
عصاره اتری Ether Extract	58.80 ^a	58.46 ^a	42.99 ^b	1.90
پروتئین خام Crude protein	47.05 ^a	44.10 ^a	23.85 ^b	23.99
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	44.28 ^a	44.49 ^a	19.63 ^b	1.46
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	44 ^a	40.20 ^a	18.67 ^b	2.76
انرژی خام GE	39.51 ^c	65.92 ^a	53.36 ^b	2.60
لیگنین نامحلول در اسید ADL	31.36	----	----	----

*حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

*Values with different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در جدول ۵ ارائه شده است. معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمع آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید نشان می دهد، که ضریب رگرسیون (شیب معادله) در این معادلات منفی می باشد. همچنین معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام و انرژی خام با روش جمع آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید نشان می دهد، ضریب رگرسیون (شیب معادله) در این معادلات منفی می باشد. یکی از بهترین روش ها برای تفسیر همبستگی (R) بررسی مربع ضریب همبستگی می باشد (Khaldari., 2011). مربع ضرایب همبستگی ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و انرژی خام به ترتیب 0.307 ، 0.146 ، 0.07 ، 0.324 ، 0.143 ، 0.175 و 0.549 می باشد. به عنوان مثال مربع ضریب همبستگی قابلیت هضم ماده خشک با روش جمع آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید بیان کننده این مطلب می باشد که 30.7 درصد تنوع در قابلیت هضم ماده خشک با روش جمع آوری کل مدفوع می تواند توسط تنوع در قابلیت هضم ماده خشک با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (و یا بر عکس) توجیه شود. از آنجایی که مربع ضریب همبستگی از لحاظ عددی با ضریب تبیین معادله رگرسیون برابر است و ضریب تبیین به عنوان معیار صحت مدل رگرسیون به کار برده می شود و هر چه ضریب تبیین به یک نزدیک تر باشد، مدل رگرسیون خوب و قابل قبول است (Iqbal Saeed *et al.*, 2007). بنابر توضیحات فوق، تنها معادله رگرسیون انرژی خام با ضریب تبیین 0.549 را می توان معادله خوب و قابل قبول دانست. البته معادلات رگرسیون ماده خشک و پروتئین خام با ضرایب تبیین به ترتیب 0.307 و 0.324 نسبت به سایر معادلات رگرسیون مواد مغذی دارای ضرایب تبیین قابل توجه می باشند. محققین مربع ضریب همبستگی بالایی بین دو روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و جمع آوری مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام ($R^2 = 0.89$) گزارش کردند (Ghoorchi and Arbabi., 2012). ضریب همبستگی بین روش AIA و جمع آوری کل برای ماده خشک 0.85 ، ماده آلی 0.83 ، انرژی 0.81 ، فیبر خام 0.89 ، پروتئین خام 0.84 ، دیواره سلولی فاقد همی سلولز 0.84 ، دیواره سلولی 0.85 ، عصاره اتری 0.98 و عصاره فاقد ازت 0.98 به دست آمد (Miraglia *et al.*, 1992) و این نشان دهنده همبستگی بالا بین روش AIA و جمع آوری کل می باشد. بالا بودن همبستگی بین نتایج حاصل از دو روش از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا ضریب همبستگی بالا بین دو روش حاکی از دقت و اعتبار کافی ضرایب هضمی محاسبه شده با این روش - ها می باشد. پژوهشگران نیز همبستگی بالایی را پیدا کردند (Orton *et al.*, 1990; Cuddeford and Hughes., 1985). در تحقیق حاضر مربع ضریب همبستگی بین دو روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و جمع آوری

مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام ($R^2=0/324$) گزارش شد. در مقایسه قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ بوته گندم بین دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، مربع ضرایب همبستگی به ترتیب $0/49$ ، $0/2$ و $0/44$ گزارش شد (McGeough et al., 2010).

جدول ۵- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و خاکستر نامحلول در اسید

Table 5- Regression relationships between digestibility values by collecting total feces and acid-insoluble ash

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی square correlation coefficient (R ²)
ماده خشک Dry matter	$y=77.58-0.6x$	0.307
ماده آلی Organic matter	$y=74.78-0.467x$	0.146
عصاره اتری Ether Extract	$y=40.19+0.411x$	0.07
پروتئین خام Crude protein	$y=46.17+0.16x$	0.324
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	$y=72.32-0.44x$	0.143
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	$y=74.26-0.385x$	0.175
انرژی خام GE	$y=-23.47+1.02x$	0.549

*.x- Digestibility by acid-insoluble ash method ¹y= Digestibility by Total Fecal Collection

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۶ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید منفی می‌باشد و بیانگر یک رابطه عکس بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده

اسیدی با دو روش فوق است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام و انرژی خام با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید، مثبت می‌باشد.

جدول ۶- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید

Table 6- Regression relationships between digestibility values by acid insoluble ash method and acid insoluble lignin

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی square correlation coefficient (R2)
ماده خشک Dry matter	* $y=55.42-0.562x$	0.26
ماده آلی Organic matter	$y=54.67-0.377x$	0.105
عصاره اتری Ether Extract	$y=43.65+0.279x$	0.247
پروتئین خام Crude protein	$y=13.61+0.8x$	0.444
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	$y=54.16-0.421x$	0.267
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	$y=53.9-0.369x$	0.138
انرژی خام GE	$y=-46.05+0.362x$	0.27

*.x-Digestibility by acid-insoluble lignin method ¹y=Digestibility by acid-insoluble ash method

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۷ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید مثبت می‌باشد و بیانگر یک رابطه مستقیم بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با دو روش فوق است. ضرایب تبیین به ترتیب ۰/۷۷۱ و ۰/۶۴۳ برای معادله رگرسیون انرژی خام،

چربی خام نشان از صحت خوب این دو معادله می‌دهد. معادله رگرسیون ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به ترتیب $0/292$ ، $0/344$ و $0/244$ می‌باشد. طبق گزارش محققین، مربع ضریب همبستگی بالایی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی ($R^2=0/99$) اعلام شد (Ghoorchi and Arbabi., 2012). مربع ضریب همبستگی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی در تحقیق حاضر ($R^2=0/344$) گزارش شد. محققین همبستگی پایینی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در ماده خشک، ماده آلی، انرژی، الیاف خام، پروتئین خام، دیواره سلولی فاقد همی سلولز، دیواره سلولی، عصاره اتری و عصاره فاقد ازت به‌دست آورده و علت پایین بودن را عدم بازیافت مناسب لیگنین از مدفوع ذکر کردند (Miraglia *et al.*, 1992).

جدول ۷- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید

Table 7- Regression relationships between digestibility values by total feces collection method and acid-insoluble lignin

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی square correlation coefficient (R2)
ماده خشک Dry matter	$*y=35.86+0.65x$	0.292
ماده آلی Organic matter	$y=43+0.405x$	0.141
عصاره اتری Ether Extract	$y=33.29+0.731x$	0.643
پروتئین خام Crude protein	$y=42.373+0.251x$	0.227
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	$y=38.58+0.59x$	0.344
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	$y=42.96+0.466x$	0.244
انرژی خام GE	$y=-4.77+0.844x$	0.771

*.x-Digestibility with acid-insoluble lignin $^l y=$ digestibility values by total feces collection method

نتیجه گیری

در جیره کاه گندم ضرایب قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین دو روش مارکر خاکستر نامحلول در اسید و جمع آوری کل مدفوع اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج ضرایب قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین دو روش مارکر خاکستر نامحلول در اسید و جمع آوری کل مدفوع اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P < 0/05$). درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در این جیره (۷۵ درصد کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج) $92/92 \pm 8/38$ می باشد. به طور کلی، چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، مقدار قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع آوری کل مدفوع نزدیک می باشد. لذا با توجه به هزینه و امکانات زیاد به خصوص در دام‌های بزرگ در تعیین قابلیت هضم با روش جمع آوری کل مدفوع، می توان از روش خاکستر نامحلول در اسید برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده کرد. همچنین در مورد مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با قابلیت هضم قابل توجه در جیره‌های آزمایشی به دلیل نداشتن یکی از شرایط مارکر بودن (قابل هضم، جذب و متابولیسم نباشد) نمی توان از نتایج آن برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده نمود.

فهرست منابع

- Ajmal khan, M., Un-nisa, M., & Sarwar, M. (2003). Techniques measuring digestibility for the nutritional evaluation of feeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(1), 91-94.
- Association of Official Analytical. (1999). Official Methods of Analysis. AOAC. Washington, D. C.
- Arbabi, S., Ghoorchi, T., & Parvar, R. (2016). A Comparison of Apparent Digestibility of Nutrient in Caspian Horse Feeds as Determined by Total Collection of Faeces, Acid Insoluble Ash and Lignin Methods. *Animal Science Applied of Iranian Journal*, 6(2): 461-466. [https:// DOI: 10.22034/AEJ.2020.122777](https://DOI: 10.22034/AEJ.2020.122777).
- Bae, H., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. H. (2020). Effect of different levels of date palm wastes on performance, nutrient digestibility, blood parameters and rumen fiberlytic enzymes activity in fattening camels. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, 12(4): 65-73. . <https://DOI: 10.22034/AEJ.2020.122777>.
- Bergero, D., Miraglia, N., Abba, C., & Polidori, M. (2004). Apparent digestibility of Mediterranean forages determined by total collection of faeces and acid-insoluble ash

- as internal marker. *Livestock Production Science*, 85, 235–238. *ychosomatic Medicine*, 71(2), 171-186. [https://DOI:10.1016/S0301-6226\(03\)00137-4](https://DOI:10.1016/S0301-6226(03)00137-4).
- Cianci, D., Goio, L., Hashi, A. M., Pastorelli, S., Kamoun, M., Liponiand, G. B., & Orlandi, M. (2004). Feed intake and digestibility in camels fed wheat straw and meadow hay. *Journal Camel Science*, 1, 52-56.
- Cuddeford, D., Hughes D. (1990). A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/ straw mixture. *Journal of Equine Veterinary Science*, 22, 122–125. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04223.x>.
- De Fombelle, A., Varloud, M., Goachet, A., Jacotot, E., Philippeau, C., Drogoul, C., and Julliard, V. (2003). Characterisation of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses fed two distinct diets. *Journal of Animal Science*. 77, 487-490. [doi: 10.1017/S1357729800059038](https://doi.org/10.1017/S1357729800059038).
- Dehghanian, S., & Nasiri Moghadam, H. (2005). Animal nutrition, Kirsh Gesner, M., (author). Publications of Ferdowsi University of Mashhad. 644 p.
- Dulphy, J. P., Dardillat, C., Jailler, M., & Jouany, J. P. (1998). Intake and digestibility of different forages in llamas compared to sheep. *Ann Zootech*, 47, 75-81. <https://doi.org/10.1051/animres:19940407>
- Elam, C. J., Reynolds, P. J., Davis, R. E., & Everson, D. O. (1962). Digestibility studies by means of chromic oxide, lignin and total collection techniques with sheep, 21, 189-192. <https://doi.org/10.2527/jas1962.212189x>
- Ellis, G. J., Matrone, G., & Maynard, L. A. (1946). A 72 percent H₂SO₄ method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *Journal of Animal Science*, 5, 285. [DOI: 10.2527/jas1946.53285x](https://doi.org/10.2527/jas1946.53285x)
- Ghoorchi, T., & Arbabi, S. (2012). Comparison of the apparent digestibility of feed nutrients using methods of collecting whole feces, internal reagent of acid-insoluble ash and lignin in the Caspian horse. Final report of the research project of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 39 p.
- Iqbal Saeed, Sh., Ghorbani, A., & Mehman Nawaz, Y. (2007). The application of biological statistics in animal science, Kaps, M., Lamberson, V., (authors). Umidi Publications. 520 p.
- Kaewka, K., Therakulkait, CH., & Cadwallader, K. R. (2009). Effect of preparation conditions on composition and sensory aroma characteristics of acid hydrolyzed rice bran protein concentrate. *Journal of Cereal Science*, 50, 56–60. [DOI: 10.1016/j.jcs.2009.02.006](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.02.006).
- Kazemi, M., Tahmasabi, A., Valizadeh, R., Danesh Masgaran, M., Naserian, A. (2008). Comparison of nutritional value of wheat straw and barley by gas production method and in situ. The first national conference of livestock and poultry industry in Golestan province.
- Khaldari, M. (2011). Statistical methods. Jihad University Press, Tehran. 860 p.
- Komarek, A. R. (1994). Fiber analysis system. United states patent. Patent number: 5, 370, 007.

- Lopez, A., Maizteguib, J., & Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). *Journal of Small Ruminant Research*, 29, 295–301. [DOI:10.1016/S0921-4488\(97\)00135-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00135-1).
- Marais, J. P. (2000). *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International, Pp: 255-277.
- McGeough, E.J., O’Kiely, P., & Kenny, D.A. (2010). A note on the evaluation of the acid-insoluble ash technique as a method for determining apparent diet digestibility in beef cattle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 49, 159–164.
- Miraglia, N., Poncet, C., & Martin-Rosset, W. (1992). Effect of feeding level, physiological state and breed on the rate of passage of particulate matter through the gastrointestinal tract of the horse. *Ann. Zootech*, 41, 69. <https://doi.org/10.1051/animres:19920134>.
- Mirzaei, A., & Maheri, N. (2008). Nutritive Value of Some Agro-Industrial By-products for Ruminants - A Review. *World Journal of Zoology*, 3 (2), 40-46.
- Nikkhah, A., & Amanlou, H. (2012). In the translation of principles of animal nutrition and feeding, Church, D. C., and Pond, V. J. Academic Jihad Publications, Zanjan. 728 p.
- Olivan, M., Ferreira, L. M. M., Celaya, R., & Osoro, K. (2007). Accuracy of the N-alkane technique for intake estimates in beef cattle using different sampling procedures. *Journal Livestock Science*, 106, 28-40. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.06.015>.
- Orton, R. K., Hume, I. D., Leng, R. A. (1985). Effects of exercise and level of dietary protein on digestive function in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 17, 386–390. [DOI: 10.1111/j.2042-3306.1985.tb02530.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1985.tb02530.x).
- Raziq, A., Younas M., & Kakar M. A. (2008). Camel a potential dairy animal in difficult environments. *Pakistan Veterinary Journal*, 45(2), 263-267.
- Sales, J. (2012). A review on the use of indigestible dietary markers to determine total tract apparent digestibility or nutrient in horses. *Animal Feed Science and Technology*, 174, 119-130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.005>.
- SAS. (2003). *Qualification tools user’s guide*. SAS 9.1. Cary (NC): SAS Institute.
- Sufi Siavash, R., & Janmohammadi H. (2004). *Animal nutrition*, MacDonald, P., Edwards, R. A., Greenhall, J. F. D., Morgan, S. A., (author). Amidi Publications. 840 p.
- Thonney, M. L., Palhof, B. A., Decarlo, M. R., Ross, D. A., Firth, N. L., Ouaas, R. L., Perosio, D. J., Duhaime, D. J., Rollins, S. R., & Nour, A.Y.M. (1985). Sources of variation of dry matter digestibility measured by the Acid Insoluble Ash Marker. *Journal of Dairy Science*, 68, 661-668.
- Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44 (2), 282-287.
- Varga, G. A. (2006). *In vivo* digestibility of forages. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 25 and 26, 95-106.

نسخه پیش انتشار