

Determination of the nutritional value of rice bran of different varieties by gas production method and ruminal degradability

Parisa Tahernejad Zidehi^{1*}, Asadolall Teymouri Yansari², Yadollah Chashni Del³

1 (Corresponding author) M.Sc. Graduated of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Aquaculture, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran, Email: p.tahernejad.95@gmail.com

2 Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Aquaculture, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran

3 Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Aquaculture, Sari Agriculture and Natural Resources University (SANRU), Mazandaran, Iran

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received:

Revised:

Accepted:

Background and Objective: The increasing price of animal feed and the limited availability of arable land make it necessary to explore alternative sources of animal feed. In Asia, the most abundant agricultural by-product is rice bran. However, its use on a large scale has been limited due to the lack of awareness among farmers and the lack of access to nutritional information on the bran of local rice varieties. The nature and chemical composition of rice bran depend on the variety, milling system, and type of processing. These differences can affect the degradability, gas production, and nutrient digestibility, and consequently, the feeding behaviors and performance of livestock. Shiroodi and Hashemi rice varieties are cultivated in abundance in Gilan and Mazandaran, and the bran of these varieties is available in these regions. Therefore, the aim of this experiment was to compare wheat bran with rice bran (varieties Shiroodi and Tarom Hashemi) and a mixture of these brans in terms of chemical composition, ruminal degradability, gas production parameters and estimation of digestibility.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design using 3 fistulated Zel breed sheep with a mean weight of about 41 kg and a mean age of about 15 months, with 6 times and 5 replications at the research farm of Sari University of Agriculture and Natural Resources. The experimental treatments included 1) wheat bran, 2) rice bran of Shiroodi variety, 3) rice bran of Tarom Hashemi variety, 4) a mixture of rice bran of Shiroodi and Tarom Hashemi varieties, 5) a mixture of wheat bran and rice bran of Shiroodi variety and 6) a mixture of wheat bran and rice bran of Tarom Hashemi variety. The chemical compositions of processed rice bran (without oil) and wheat bran were measured according to standard methods. To determine the gas production, the volume of gas produced by the experimental treatments was recorded at times 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours, and the gas production potential and estimated gas production parameters were calculated from the volume of gas produced based on 200 mg of dry matter over 24 hours. The dry matter and crude

Keywords:

Degradability

Gas production

Shiroodi rice bran

Tarom Hashemi rice bran

protein degradability parameters were determined by the nylon bag method after 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours. The effective degradability of the samples was also calculated at a passage rate of 0.02, 0.05, 0.08.

Results: Rice bran in both varieties had higher DM, ash, ADF, NFC, starch, lignin, and silica ($P=0.0001$) and lower OM, CP, EE ($P=0.0001$) and NDF ($P=0.0033$) than wheat bran. Organic matter and crude protein in Shirodi rice bran were higher than Tarom Hashemi rice bran, and its silica was lower. The gas production potential in treatments containing rice bran, especially the bran of the Tarom Hashemi variety, was significantly reduced ($P=0.0001$). Constant rate of degradation in rice bran treatments was significantly reduced ($P=0.0148$), although in the mixed treatments of wheat bran and rice bran, it did not show a significant difference with the wheat bran treatment. Gas production parameters including digestible organic matter, metabolizable energy, short chain fatty acids and microbial mass were significantly reduced in treatments containing rice bran, especially the Tarom Hashemi variety, compared to wheat bran ($P=0.0001$). Of the degradability parameters, only the rapidly degraded fraction was reduced in rice bran treatments compared to wheat bran ($P<0.05$). Other degradability parameters of dry matter and crude protein did not differ significantly between the experimental treatments.

Conclusion: Chemical compounds can affect the quality of rice bran and gas production and degradability parameters. As a result, the gas production potential and its estimated parameters were reduced in treatments containing rice bran, especially the Tarom Hashemi variety. However, the mixture of rice bran with wheat bran did not have a negative effect on rumen fermentation parameters. Therefore, considering its chemical composition and cheaper price compared to wheat bran, it seems that partial replacement of wheat bran with rice bran can be useful in reducing the cost of the diet.

Cite this article: Tahernezhad Zidehi, P., Teymouri Yansari, A., Chashni Del, Y. (2026). Determination of the nutritional value of rice bran of different varieties by gas production method and ruminal degradability. *Journal of Ruminant Research*, 14(3),



© The Author(s)



Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

مقایسه ارزش تغذیه‌ای سبوس واریته‌های مختلف برنج با روش تولید گاز و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

پریسا طاهر نژاد زیدهی^{۱*}، اسداله تیموری یانسری^۲، یداله چاشنی دل^۳

^۱ (نویسنده مسئول) دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: p.tahernejad.95@gmail.com

^۲ استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

^۳ دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: افزایش قیمت خوراک دام و محدود بودن زمین‌های زراعی کاوش در منابع جایگزین خوراک دام را ضروری می‌سازد. در آسیا، فراوان‌ترین محصول جانبی کشاورزی، سبوس برنج است. به‌هرحال، استفاده از آن به دلیل عدم آگاهی کشاورزان و عدم دسترسی به اطلاعات تغذیه‌ای سبوس ارقام محلی برنج، در مقیاس وسیع محدود شده است. ماهیت و ترکیب شیمیایی سبوس برنج به نوع واریته، سیستم آسیاب و نوع فرآوری آن بستگی دارد. این تفاوت‌ها می‌تواند بر تجزیه‌پذیری، تولید گاز، قابلیت هضم مواد مغذی و به دنبال آن بر رفتارهای تغذیه‌ای و عملکرد دام تأثیرگذار باشد. ارقام شیروودی و هاشمی از جمله ارقام برنج ایرانی هستند که در گیلان و مازندران به وفور کشت می‌شوند و سبوس این ارقام در این مناطق در دسترس هستند. بنابراین، هدف این آزمایش مقایسه سبوس گندم با سبوس برنج (ارقام شیروودی و طارم هاشمی) و مخلوط این سبوس‌ها از نظر ترکیبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های تولید گاز و تخمین قابلیت هضم است.
تاریخ دریافت: تاریخ ویرایش: تاریخ پذیرش:	مواد و روش‌ها: این آزمایش در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از ۳ رأس گوسفند نژاد زل فیستولاگذاری شده با میانگین وزن حدود ۴۱ کیلوگرم و با میانگین سنی ۱۵ ماه با ۶ تیمار و ۵ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) سبوس گندم، (۲) سبوس برنج رقم شیروودی، (۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی، (۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و طارم هاشمی، (۵) مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج رقم شیروودی و (۶) مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج رقم طارم هاشمی بود. ترکیبات شیمیایی سبوس‌های برنج فرآوری شده (بدون روغن) و سبوس گندم بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. برای تعیین فراسنجه‌های تولید گاز، حجم گاز تولیدی تیمارهای آزمایشی در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت شد، پتانسیل تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی تولید گاز از حجم گاز تولیدی بر اساس ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت محاسبه شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام با روش کیسه‌های نایلونی پس از صفر، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶
واژه‌های کلیدی:	سبوس برنج شیروودی سبوس برنج طارم هاشمی تولید گاز تجزیه‌پذیری

ساعت برآورد شد. تجزیه پذیری مؤثر نمونه ها نیز در نرخ عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۰۸ درصد در ساعت محاسبه شد.

یافته ها: سبوس برنج در هر دو وارسته نسبت به سبوس گندم دارای ماده خشک، خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، کربوهیدرات غیرالیافی، نشاسته، لیگنین و سیلیس بالاتر ($P=0/0001$) و ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام ($P=0/0001$) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($P=0/0033$) کمتری بود. درصد ماده آلی و پروتئین خام در سبوس برنج شیروودی نسبت به سبوس برنج طارم هاشمی بالاتر و درصد سیلیس آن کمتر بود. پتانسیل تولید گاز در تیمارهای حاوی سبوس برنج به ویژه سبوس رقم طارم هاشمی به طور معنی داری کاهش یافت ($P=0/0001$). ثابت نرخ تجزیه در تیمارهای سبوس برنج به طور معنی داری کاهش یافت ($P=0/0148$), هرچند در تیمارهای مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج تفاوت معنی داری با تیمار سبوس گندم نشان نداد. فراسنجه های تولید گاز شامل ماده آلی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب زنجیر کوتاه و توده میکروبی در تیمارهای حاوی سبوس برنج به ویژه رقم طارم هاشمی به طور معنی داری نسبت به سبوس گندم کاهش یافت ($P=0/0001$). از فراسنجه های تجزیه پذیری، تنها بخش تند تجزیه در تیمارهای سبوس برنج نسبت به سبوس گندم کاهش یافت ($P<0/05$). سایر فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی نداشتند.

نتیجه گیری: ترکیبات شیمیایی می توانند روی کیفیت سبوس برنج و فراسنجه های تولید گاز و تجزیه پذیری تاثیرگذار باشند. در نتیجه پتانسیل تولید گاز و فراسنجه های تخمینی آن در تیمارهای حاوی سبوس برنج به ویژه رقم طارم هاشمی کاهش یافت. با این حال، مخلوط سبوس برنج با سبوس گندم تأثیر منفی بر فراسنجه های تخمیر شکمبه ای نداشت. بنابراین با توجه به ترکیبات شیمیایی و قیمت ارزان تر آن نسبت به سبوس گندم، به نظر می رسد که جایگزینی نسبی سبوس گندم با سبوس برنج می تواند در کاهش هزینه جیره مفید باشد.

استناد: طاهرنژاد زیدهی، پریسا؛ تیموری یانسری، اسداله؛ چاشنی دل، یداله (۱۴۰۵). مقایسه ارزش تغذیه ای سبوس وارسته های مختلف برنج با روش تولید گاز و تجزیه پذیری شکمبه ای. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۴ (۳)،



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

امروزه افزایش قیمت خوراک دام، محدود بودن زمین‌های زراعی و افزایش رقابت بین انسان و دام، چالش‌هایی را برای کفایت تغذیه‌ای ایجاد می‌کند و کاوش در منابع جایگزین خوراک دام را ضروری می‌سازد. در آسیا، تولید سبوس برنج در سال ۲۰۲۲ حدود ۴۵ میلیون تن بوده است (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۳). سبوس برنج، لایه بیرونی قهوه‌ای دانه برنج، عمدتاً از پریکارپ، آلورون، لایه زیر آلورون و جوانه تشکیل شده است. این ماده حاوی ۱۵ درصد پروتئین خام، ۲۱ درصد چربی خام و ۵۸ درصد کربوهیدرات است (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این، حاوی مقدار قابل‌توجهی مواد معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند توکوفرول‌ها، توکوترینول‌ها و گاما-اوریزانول است (Sharif و همکاران، ۲۰۱۴).

فساد هیدرولیتیک به شدت بر ارزش تغذیه‌ای و خوشمزه‌گی سبوس برنج تأثیر می‌گذارد. فرآوری سبوس برنج برای غیرفعال کردن لیپازها و همچنین سایر مهارکننده‌های تغذیه‌ای انجام می‌شود. سبوس برنج بدون روغن از سبوس برنج پرچرب مشتق شده است، سرشار از پروتئین، لیاف و ریزمغذی‌های ضروری است و درعین‌حال چربی کمی دارد که برای رژیم غذایی دام مفید است (Bishwass و همکاران، ۲۰۲۳؛ Ranjan و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، تکنیک‌های فرآوری، عوامل ضد تغذیه‌ای مانند فیتات‌ها را کاهش می‌دهند و در نتیجه قابلیت هضم و مناسب بودن برای تغذیه نشخوارکنندگان را بهبود می‌بخشند (Islam و همکاران، ۲۰۲۲). نشان داده شده است که گنجاندن سبوس برنج بدون روغن در رژیم غذایی گوسفندان در حال رشد، جذب مواد مغذی و سنتز پروتئین میکروبی را در شکمبه افزایش می‌دهد و در نتیجه بهبود در مصرف خوراک و رشد را تسهیل

می‌کند (Bishwass و همکاران، ۲۰۲۳). سبوس برنج بدون روغن به دلیل ماندگاری بالا و سهولت ترکیب در خوراک، گزینه‌ای کاربردی برای کشاورزان خرده‌پا محسوب می‌شود (Ranjan و همکاران، ۲۰۲۲). در نتیجه، استفاده از سبوس برنج بدون روغن در تغذیه دام با توجه به قیمت مناسب و مزایای تغذیه‌ای آن، به‌عنوان یک راه‌حل امیدوارکننده مشخص می‌شود (Ranjan و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، استفاده از آن به دلیل عدم آگاهی کشاورزان و عدم دسترسی به اطلاعات تغذیه‌ای سبوس ارقام محلی برنج، در مقیاس وسیع محدود شده است. تحقیقات بیشتر در مورد میزان بهینه گنجاندن و استراتژی‌های تغذیه سبوس برنج بدون روغن از ارقام مختلف برنج برای به حداکثر رساندن مزایای آن ضروری است (Bishwass و همکاران، ۲۰۲۳).

گزارش شده است که گنجاندن سبوس برنج در جیره غذایی، انتشار متان را در تخمیر درون‌تنی (*in vivo*) و برون‌تنی (*in vitro*) کاهش می‌دهد (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴a؛ Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴b). به‌منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون جیره از نظر تأمین پروتئین برای حیوانات و در نتیجه کاهش تلفات گازی نیتروژن به محیط‌زیست و افزایش سودآوری اقتصادی، اطلاعات دقیقی در مورد سینتیک تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خوراک‌های محلی که معمولاً به نشخوارکنندگان داده می‌شوند، موردنیاز است. اگرچه، برخی از کارخانه‌های خوراک دام و دامداران تجاری نیز از مقادیر جدول‌بندی‌شده سینتیک تجزیه پروتئین خام که از آزمایش‌های انجام‌شده در کشورهای مختلف به‌دست‌آمده است، استفاده می‌کنند. با این حال، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که سینتیک تجزیه پروتئین خام در شکمبه فرآورده‌های فرعی غنی از پروتئین به‌شدت تحت تأثیر تغییرات ذاتی در مواد خوراکی، مانند ارقام گیاهی،

شرایط رشد و روش‌های فرآوری و عوامل بیرونی، مانند اندازه منافذ کیسه و اندازه ذرات سوپسترا قرار دارد (Habib و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین نیاز روزافزونی به ایجاد یک پایگاه داده دقیق در مورد سینتیک تجزیه شکمبه‌ای خوراک‌های محلی وجود دارد. در نشخوارکنندگان، می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف کیسه‌های نایلونی (*In situ*)، در شرایط آزمایشگاهی (*In vitro*) و در شرایط زنده، میزان دسترسی به مواد مغذی خوراک را تعیین کرد.

ماهیت و ترکیب شیمیایی سبوس برنج به نوع واریته، سیستم آسیاب، درجه‌ی آسیاب کردن، اختلاط با پوسته و نوع فرآوری آن بستگی دارد (Hedayati و همکاران، ۲۰۱۳). این تفاوت‌ها می‌تواند بر تجزیه‌پذیری، تولید گاز، قابلیت هضم مواد مغذی و به دنبال آن بر رفتارهای تغذیه‌ای و عملکرد دام تأثیرگذار باشد. طبق اطلاعیه جهاد کشاورزی ارقام شیروودی و هاشمی از جمله ارقام برنج ایرانی هستند که در گیلان و مازندران به وفور کشت می‌شوند و سبوس این ارقام در این مناطق در دسترس هستند. بنابراین، هدف این آزمایش مقایسه سبوس گندم با سبوس برنج (ارقام شیروودی و طارم هاشمی) و مخلوط این سبوس‌ها از نظر ترکیبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های تولید گاز و تخمین قابلیت هضم است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به کشاورزان در استفاده بهینه از این منبع غذایی محلی کمک کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات دامپروری گروه علوم دامی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری با استفاده از ۳ رأس گوسفند نژاد زل فیستولاگذاری شده با میانگین وزن حدود ۴۱ کیلوگرم و با میانگین سنی ۱۵ ماه استفاده شد. به‌منظور تعیین فراسنجه‌های

تجزیه‌پذیری و تولید گاز، گوسفندان با جیره پایه شامل دانه ذرت (۱۳/۷۳ درصد)، دانه جو (۱۹/۲۲ درصد)، سبوس گندم (۶/۰۴ درصد)، سبوس برنج (۹/۸۹ درصد)، کنجاله سویا (۴/۱۲ درصد)، نمک (۰/۳۲ درصد)، کربنات کلسیم (۱/۶۵ درصد) و کاه گندم (۴۵/۰۴ درصد) تغذیه شدند. سبوس فرآوری شده (بدون روغن) حاصل از برخی ارقام برنج (شیروودی و هاشمی) از کارخانه شالی‌کوبی در شهر فومن تهیه و نمونه‌برداری شد. به‌منظور کاهش تغییرات ناشی از اکسیداسیون چربی و افزایش یکنواختی ترکیب شیمیایی، سبوس‌های برنج پس از انتقال به کارخانه روغن‌کشی در استان گیلان، تحت فرآیند چربی‌گیری (*De-oiling*) قرار گرفتند. پس از انجام چربی‌گیری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در شرایط خشک، تاریک و خنک نگهداری شدند. پیش از انجام آزمایش‌ها، نمونه‌ها توسط آسیاب چکشی آسیاب و از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شدند تا یکنواختی ذرات تضمین شود. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) سبوس گندم، (۲) سبوس برنج رقم شیروودی، (۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی، (۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و طارم هاشمی به نسبت مساوی، (۵) مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج رقم شیروودی به نسبت مساوی و (۶) مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج رقم طارم هاشمی به نسبت مساوی بود.

در مرحله نخست، ترکیب شیمیایی سبوس‌ها شامل ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و چربی خام بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC، ۲۰۰۵) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی^۱ و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی^۲ طبق روش (Van Soest و همکاران،

¹ Neutral detergent fiber (NDF)

² Acid detergent fiber (ADF)

(۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. کربوهیدرات‌های غیرالیافی^۱ بر اساس معادلات پیشنهادی محاسبه شد (Council و همکاران، ۲۰۰۱). لیگنین به روش (Cousins، ۱۹۷۶) و نشاسته به روش پلاریمتری (Parvane، ۲۰۰۷) تعیین شد. برای تعیین مقدار سیلیس از روش رنگ‌سنجی مولیبدات استفاده شد (Samadi-Maybodi و Atashbozorg، ۲۰۰۶). سپس گاز تولیدی تیمارهای آزمایشی مطابق با روش (Steingass، ۱۹۸۸) اندازه‌گیری شد. در ابتدا شیرابه‌ی شکمبه از فیستولای گوسفندان قبل از تغذیه جمع‌آوری شد و پس از عبور از ۴ لایه پارچه صاف شد. مقدار ۰/۲ گرم از ماده‌ی خشک نمونه‌های آزمایشی در داخل سرنگ‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و همراه با مایع شکمبه و بزاق مصنوعی (با نسبت ۱ به ۲) در حمام آبی (دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. حجم گاز تولیدی در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت شد و داده‌ها با استفاده از رابطه ۱ تعیین شدند (Makkar، ۲۰۰۴).

$$P = b (1 - e^{-ct}) \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

در این رابطه P : پتانسیل تولید گاز، b : گاز تولیدشده از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)، c : ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)، t : مدت‌زمان انکوباسیون و e : عدد نپری بودند.

برای تخمین قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از حجم گاز تولیدی بر اساس ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت از معادلات زیر استفاده شد:

رابطه‌ی (۲):

$$\begin{aligned} \text{OMD} &= 14.88 + 0.889 \text{ GP} + 0.45 \text{ CP} + 0.065 \text{ Ash} \\ \text{ME} &= 2.20 + 0.136 \text{ GP} + 0.057 \text{ CP} \\ \text{SCFA} &= 0.0222 \text{ GP} - 0.00425 \end{aligned}$$

در این روابط OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک)، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول بر کیلوگرم ماده خشک)، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)، GP: حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر)، CP: درصد پروتئین خام و Ash: درصد خاکستر خام بودند.

ضریب تفکیک (PF) نیز به صورت نسبت ماده آلی ناپدید شده واقعی به میلی‌لیتر گاز تولیدی در طول انکوباسیون محاسبه شد. تولید پروتئین میکروبی به صورت زیر محاسبه شد (Makkar، ۲۰۱۰):

رابطه‌ی (۳):

$$\text{MP (mg/g DM)} = \text{mg TDS} - (\text{ml gas} \times 2.2 \text{ mg/ml})$$

در این رابطه MP: میلی‌گرم توده میکروبی تولید شده، TDS: سوبسترای هضم شده حقیقی و ۲/۲ عامل استوکیومتری برحسب گرم کربن، هیدروژن و اکسیژن مورد نیاز برای ساخت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر برای تولید یک میلی‌لیتر گاز است.

در مرحله بعد برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام، مقدار ۳ گرم نمونه از هر تیمار پس از خشک‌کردن و آسیاب کردن با الک یک میلی‌متری، داخل کیسه‌های نایلونی از جنس الیاف پلی‌استر مصنوعی ریخته و با نخ بسته شد. کیسه‌ها به مدت صفر، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت داخل شکمبه قرار داده شدند. پس از خروج از شکمبه بلافاصله با آب سرد شست‌و شو داده شد تا فعالیت میکروبی متوقف شود. سپس برای خشک شدن داخل آون قرار داده شد. با استفاده از رابطه زیر فراسنجه تجزیه‌پذیری محاسبه شد (McDonald و Ørskov، ۱۹۷۹).

$$P = a + b (1 - e^{-ct}) \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

در این رابطه P : پتانسیل فراسنجه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌ی خشک و پروتئین خام، a : بخش

¹ Non-fibrous carbohydrate (NFC)

سریع تجزیه (درصد)، b : بخش کندتجزیه (درصد)، c ، ثابت نرخ تجزیه و t زمان انکوباسیون بودند.

تجزیه پذیری مؤثر نمونه ها براساس رابطه زیر با نرخ عبور $0/02$ ، $0/05$ ، $0/08$ محاسبه شد:

رابطه ی (۵)

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

در این رابطه ED: فراسنجه تجزیه پذیری مؤثر در شکمبه، k ثابت نرخ عبور، a : بخش سریع تجزیه (درصد)، b : بخش کندتجزیه (درصد) و c ثابت نرخ تجزیه بودند.

داده های حاصل بر پایه طرح کاملاً تصادفی بر اساس مدل آماری زیر با استفاده از رویه GLM و نرم افزار آماری SAS (۲۰۱۶) آنالیز آماری شدند:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

به طوری که Y_{ij} = مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام؛ μ = میانگین جمعیت؛ T_i = اثر تیمار i ام؛ e_{ij} = اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام بودند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی داری $0/05$ براساس رابطه (۱) انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی سبوس گندم و سبوس های برنج:

ترکیب شیمیایی سبوس گندم و سبوس برنج رقم شیرودی، سبوس برنج رقم طارم هاشمی و ترکیب سبوس ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که سبوس برنج در هر دو وارسته نسبت به سبوس گندم ماده خشک، خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، کربوهیدرات غیرالیافی و نشاسته بالاتر ($P=0/0001$) و ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام ($P=0/0001$) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($P=0/0033$) کمتری دارد. درصد ماده آلی و پروتئین خام در سبوس برنج وارسته شیرودی نسبت به

سبوس برنج رقم طارم هاشمی بالاتر و درصد سیلیس آن کمتر بود. ماده خشک و سایر ترکیبات از جمله الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، چربی خام، خاکستر و کربوهیدرات غیرالیافی بین دو وارسته برنج تفاوت معنی داری نشان ندادند. سهم نشاسته از کربوهیدرات غیرالیافی در سبوس های برنج به طور معنی داری بیشتر از سبوس گندم بود ($P=0/0006$). با توجه به اینکه سبوس برنج استفاده شده در پژوهش حاضر روغن کشی شده بود، درصد چربی خام هر دو وارسته نسبت به سبوس گندم کمتر بود ($P=0/0001$). نسبت کلسیم به فسفر در تیمارهای حاوی سبوس برنج به طور معنی داری کمتر از سبوس گندم بود ($P=0/0001$). در مقابل لیگنین و سیلیس تیمارهای حاوی سبوس برنج به طور معنی داری بالاتر از سبوس گندم بودند ($P=0/0001$). موافق با نتایج پژوهش حاضر، در پژوهشی با مقایسه ترکیبات شیمیایی سبوس برنج ارقام طارم و شیرودی، درصد پروتئین خام ($20/46$ در مقابل $18/02$ درصد) در رقم شیرودی بالاتر از رقم طارم گزارش شد، در حالی که مقدار چربی (15 در مقابل $13/08$ درصد) و خاکستر ($11/44$ در مقابل $10/45$ درصد) در سبوس برنج رقم طارم بیشتر از شیرودی بود Hedayati و همکاران، ۲۰۱۳).

بررسی منابع نشان می دهد که سبوس برنج حدود ۱۲ الی ۱۵ درصد پروتئین، ۲۱ درصد چربی خام و ۵۸ درصد کربوهیدرات دارد (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۳). در مقایسه با آن سبوس گندم حاوی ۸۸ درصد ماده خشک، ۱۳-۱۸ درصد پروتئین، ۳/۵ درصد چربی و ۵۶ درصد کربوهیدرات است (Onipe و همکاران، ۲۰۱۵). دامنه تغییرات در محتوای ترکیبات شیمیایی در این پژوهش ها نشان می دهد که ترکیبات شیمیایی سبوس برنج می تواند در وارسته های مختلف برنج، منطقه پرورش و حتی نوع فرآوری

سبوس متفاوت باشد (Hedayati و همکاران، ۲۰۱۳). برنج باشد (Hedayati و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین این فاکتورها می‌توانند روی کیفیت سبوس برنج و فراسنجه‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری تأثیرگذار باشند. در ویژگی‌های شیمیایی می‌تواند مربوط به نسبت پروتئین به نشاسته و سایر ترکیبات موجود در سبوس

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی و معدنی سبوس گندم و سبوس‌های برنج در آزمایش (درصد)
Table 1. Chemical and mineral compositions of wheat bran and rice bran in the experiment

احتمال معنی‌داری p-value	خطای استاندارد میانگین SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments						ترکیبات شیمیایی Chemical composition, % of DM
		6	5	4	3	2	1	
0.0001	0.362	92.56 ^{bc}	93.15 ^b	94.53 ^a	95.11 ^a	94.36 ^a	91.96 ^c	ماده خشک Dry matter
0.0001	0.185	90.06 ^c	90.72 ^b	89.28 ^{de}	88.83 ^e	89.50 ^d	94.24 ^a	ماده آلی Organic matter
0.0033	0.436	36.41 ^a	36.47 ^a	34.89 ^b	34.79 ^b	34.55 ^b	36.82 ^a	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
0.0001	0.376	17.55 ^b	16.63 ^b	19.56 ^a	19.33 ^a	19.05 ^a	13.87 ^c	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber
0.0001	0.661	39.78 ^{bc}	38.16 ^c	41.85 ^a	42.67 ^a	41.03 ^{ab}	35.98 ^d	کربوهیدرات غیر الیافی Non-Fiber Carbohydrates
0.0001	0.296	20.48 ^a	20.72 ^a	20.88 ^a	21.15 ^a	21.04 ^a	16.11 ^b	نشاسته Starch
0.0006	1.154	51.58 ^{ab}	54.41 ^a	49.92 ^b	49.58 ^b	51.29 ^{ab}	44.80 ^c	سهم نشاسته از کربوهیدرات غیر الیافی Starch/NFC
0.0001	0.267	11.95 ^c	14.20 ^b	10.79 ^d	9.56 ^e	12.39 ^c	18.55 ^a	پروتئین خام Crude protein
0.0001	0.053	1.90 ^b	1.87 ^b	1.74 ^b	1.80 ^b	1.53 ^c	2.88 ^a	چربی خام Ether extract
0.0001	0.185	9.94 ^c	9.27 ^d	10.71 ^{ab}	11.16 ^a	10.49 ^b	5.75 ^e	خاکستر Ash
0.0001	0.004	0.06 ^b	0.06 ^b	0.06 ^b	0.06 ^b	0.06 ^b	0.13 ^a	نسبت کلسیم به فسفر Ca/P
0.0001	0.124	5.32 ^b	5.11 ^b	5.75 ^a	5.75 ^a	5.74 ^a	4.55 ^c	لیگنین Lignin
0.0001	0.106	11.30 ^a	11.09 ^a	10.99 ^a	11.26 ^a	10.59 ^b	0.40 ^c	سیلیس Silica

میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

۱ تیمارهای آزمایشی حاوی سبوس: ۱) سبوس گندم ۲) سبوس برنج رقم شیروودی ۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۵) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس گندم ۶) مخلوط سبوس برنج رقم طارم هاشمی و سبوس گندم.

The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).
1) wheat bran, 2) rice bran of Shihoodi, 3) Tarom Hashemi rice bran, 4) Shihoodi rice bran + Tarom Hashemi rice bran, 5) Shihoodi rice bran + wheat bran, 6) Tarom Hashemi rice bran + wheat bran.

تولید گاز و خصوصیات تخمیر شکمبه‌ای سبوس‌های مورد آزمایش: میزان تولید گاز در سبوس‌های گندم و برنج تا ۹۶ ساعت انکوباسیون به ازای ۲۰۰ میلی گرم نمونه در جدول ۲ ارائه شده است. با افزایش زمان انکوباسیون، تولید گاز در ۹۶ ساعت و پتانسیل تولید گاز در تیمارهای حاوی سبوس برنج (به تنهایی یا مخلوط) نسبت به تیمار سبوس گندم به طور معنی داری کاهش یافت ($P=0/0001$). بیشترین و کمترین پتانسیل تولید گاز به ترتیب در تیمار سبوس گندم (۵۸/۲۶ میلی لیتر) و تیمار سبوس برنج طارم هاشمی (۵۱/۶۲ میلی لیتر) مشاهده شد. ثابت نرخ تجزیه نیز در تیمارهای سبوس برنج به طور معنی داری کاهش یافت ($P=0/0148$) و کمترین مقدار آن در تیمار مخلوط سبوس برنج شیرودی و طارم هاشمی مشاهده شد. ثابت نرخ تجزیه در تیمارهای مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج (تیمارهای ۵ و ۶) تفاوت معنی داری با تیمار سبوس گندم (تیمار ۱) نشان نداد. به طور مشابه، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای شامل ماده آلی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در تیمارهای حاوی سبوس برنج به ویژه رقم طارم هاشمی به طور معنی داری نسبت به سبوس گندم کاهش یافت ($P=0/0001$). مقدار این فراسنجه‌ها در تیمارهای مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج (تیمار ۵ و ۶) حد واسط سبوس گندم و تیمارهای سبوس برنج (تیمارهای ۲، ۳ و ۴) بود. تفاوت اسیدیته نمونه‌های سبوس پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون معنی دار بود، به طوری که بیشترین و کمترین PH به ترتیب در تیمار سبوس برنج رقم شیرودی (۶/۳۶) و تیمارهای سبوس برنج طارم هاشمی و مخلوط دو سبوس برنج (۶/۳۱) اندازه گیری شد ($P=0/0083$).

ضریب تفکیک محاسبه شده تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی نداشت. همچنین توده میکروبی تخمینی، در تیمارهای سبوس برنج به طور معنی داری کمتر از تیمار سبوس گندم بود ($P=0/0001$). بیشترین و کمترین مقدار توده میکروبی به ترتیب در تیمار سبوس گندم (۳۱۸/۱۵ میلی گرم در گرم ماده خشک) و تیمار سبوس برنج شیرودی (۲۷۱/۱۰ میلی گرم در گرم ماده خشک) برآورد شد.

با توجه با اینکه تولید گاز همبستگی منفی با میزان اجزای دیواره سلولی دارد، افزایش الیاف نامحلول در شونده اسیدی و لیگنین در سبوس برنج، می تواند باعث کاهش تولید گاز شود. همچنین محتوای کمتر پروتئین و نسبت بالاتر نشاسته به کربوهیدرات غیرالیافی می تواند در کاهش تولید گاز تیمارهای حاوی سبوس برنج نقش داشته باشد. نشاسته یک پلی ساکارید ذخیره ای است و نسبت به کربوهیدرات های محلول در آب، نرخ هضم و بخش غیرقابل هضم متفاوتی دارند (Rezaei و Danesh Mesgaran، ۲۰۱۴). گزارش شده است که نوع ماده خوراکی و همچنین نوع کربوهیدرات غیرالیافی اثرات متفاوت و معنی داری بر هضم ماده خشک دارد و نرخ هضم ماده خشک در تنفاله چغندر قند و سبوس گندم به طور معنی داری با افزودن کربوهیدرات های غیرالیافی نشاسته کاهش یافت (Rezaei و Danesh Mesgaran، ۲۰۱۴). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که کیفیت سبوس برنج بر تولید گاز و تخمیر شکمبه ای تأثیر می گذارد، به طوری که درصد بالاتر پوسته (تا ۱۰ درصد) در سبوس برنج سبب کاهش در قابلیت هضم ماده خشک، نرخ تولید گاز و پتانسیل تولید گاز به ترتیب ۵/۴۹، ۱۲/۱۲ و ۹/۹۶ درصد شد و می تواند سطح اسید استیک را افزایش و سطح اسید

اسید و ایزووالرات، تولید گاز بالقوه و همچنین نرخ تولید گاز داشت، اما با غلظت استات و بوتیرات همبستگی منفی نشان داد (Fidriyanto و همکاران، ۲۰۲۰).

پروپیونیک را کاهش دهد (Fidriyanto و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش آن‌ها محتوای پروتئین خام و چربی خام سبوس برنج، همبستگی مثبتی با قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک، غلظت‌های پروپیونیک

جدول ۲- فراسنجه‌های تولید گاز سبوس‌های مختلف (گندم و برنج)

Table 2. *In vitro* gas production parameters of the wheat bran and rice bran used in this experiment

P-value	SEM	سبوس‌های آزمایشی Experimental treatments						فراسنجه‌های تولید گاز Gas production parameters
		1	2	3	4	5	6	
0.0001	0.726	54.52 ^b	55.00 ^b	52.22 ^{cd}	51.62 ^d	53.93 ^{bc}	58.26 ^a	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) b (ml)
0.0148	0.025	0.50 ^{abc}	0.52 ^{ab}	0.42 ^c	0.45 ^{bc}	0.45 ^{bc}	0.55 ^a	ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر/ساعت) c (ml/h)
0.0001	0.527	51.75 ^b	52.25 ^b	51.25 ^b	51.00 ^b	51.50 ^b	55.75 ^a	تولید گاز در ۹۶ ساعت Gas produced in 96 h (ml/200 mg DM)
0.0001	0.412	54.83 ^c	56.73 ^b	51.81 ^{cd}	51.24 ^e	53.97 ^{cd}	60.89 ^a	ماده آلی قابل‌هضم (درصد) Digestible Organic matter (%)
0.0001	0.074	8.08 ^c	8.34 ^b	7.78 ^d	7.5370 ^d	8.04 ^c	8.93 ^a	انرژی قابل متابولیسم Metabolizable energy (MJ/Kg DM)
0.0001	0.008	0.84 ^b	0.86 ^b	0.80 ^c	0.80 ^c	0.83 ^b	0.92 ^a	اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (میلی‌مول) Short-chain fatty acids (mmol)
0.0083	0.010	6.33 ^{bc}	6.35 ^{ab}	6.31 ^c	6.31 ^c	6.36 ^a	6.34 ^{abc}	اسیدیته pH
0.0552	0.007	1.44	1.45	1.45	1.43	1.46	1.46	ضریب تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) partitioning factor (PF)
0.0001	4.949	303.65 ^{ab}	303.65 ^{ab}	293.45 ^b	296.45 ^b	271.10 ^c	318.15 ^a	توده میکروبی (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) Microbial mass (mg/g DM)

میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

۱ تیمارهای آزمایشی حاوی سبوس: ۱) سبوس گندم ۲) سبوس برنج رقم شیروودی ۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۵) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس گندم ۶) مخلوط سبوس برنج رقم طارم هاشمی و سبوس گندم.

*The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

1) wheat bran, 2) rice bran of Shirootdi, 3) Tarom Hashemi rice bran, 4) Shirootdi rice bran + Tarom Hashemi rice bran, 5) Shirootdi rice bran + wheat bran, 6) Tarom Hashemi rice bran + wheat bran.

شکمه مرتبط است. به‌خوبی ثابت‌شده است که مقدار الیاف بر قابلیت هضم خوراک تأثیر می‌گذارد. همچنین افزودن سبوس برنج به جیره سبب افزایش نسبت پروپیونات در شکمه و کاهش معنی‌دار در نسبت استات به پروپیونات شد (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴). Kiani و Aminifard (۲۰۲۳) نیز با مقایسه فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری ماده خشک سبوس گندم و تفاله گوجه‌فرنگی گزارش کردند که تفاله گوجه‌فرنگی با مقادیر بیشتر الیاف نامحلول در شوینده خشتی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

در پژوهشی دیگر، جایگزین کردن ۱۰ درصد سبوس برنج با سبوس گندم، منجر به کاهش گاز تولیدشده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون شد که این کاهش را می‌توان به اثر مهارکنندگی سبوس برنج بر متانوژن‌ها نسبت داد (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴). در همین آزمایش جایگزینی ۱۰ درصد سبوس برنج با سبوس گندم سبب کاهش قابلیت هضم ماده خشک شد که این امر به دلیل بالا بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی سبوس برنج نسبت به سبوس گندم است که با هضم میکروبی در

نسبت به سبوس گندم پتانسیل تولید گاز، ثابت نرخ تولید گاز، گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی کمتری داشت، ولی روی انرژی قابل متابولیسم و فراسنجه‌های تخمیری تأثیر معنی داری نداشت.

در پژوهشی دیگر، ارزیابی اثرات جایگزینی ۱۰ درصد از سبوس گندم با سبوس برنج تخمیر شده یا نشده بر تخمیر شکمبه‌ای با استفاده از یک سیستم آزمایشگاهی (in vitro) نشان داد که سبوس برنج (تخمیر شده یا تخمیر نشده) به طور معنی داری منجر به کاهش گاز تولید شده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در شرایط آزمایشگاهی شد و تولید گاز متان را به دلیل کاهش میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده الیاف و کاهش تولید گاز کاهش داد. کل اسیدهای چرب زنجیره کوتاه نیز در تیمارهای سبوس برنج تخمیر نشده در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴b). این نتایج با گزارش‌های قبلی مبنی بر اینکه افزودن سبوس برنج به جیره باعث کاهش تولید متان^۱ در شرایط آزمایشگاهی می‌شود، مطابقت دارد (Cao و همکاران، ۲۰۱۲).

این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که دیواره سلولی همبستگی منفی با گاز تولیدی در تمام مدت زمان انکوباسیون و فراسنجه‌های تخمینی دارد. کیتیک گاز تولیدی به نسبت بخش محلول و غیر محلول ذرات خوراکی وابسته است. این همبستگی منفی بین حجم گاز تولیدی و دیواره سلولی ممکن است ناشی از کاهش فعالیت‌های میکروبی باشد، که با افزایش زمان انکوباسیون شرایط محیطی برای آن‌ها نامساعد می‌شود و با افزایش نسبت بخش محتوای دیواره سلولی لیگنینی شده، تخمیر کمتر شده و منجر به کاهش در تولید گاز می‌شود (Kiani و Aminifard، ۲۰۲۳). در پژوهش حاضر، حجم کل گاز تولیدی در ۹۶ ساعت در تیمارهای

حاوی سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم کمتر بود، این کاهش تولید گاز سبوس برنج نسبت به سبوس گندم می‌تواند به دلیل تفاوت در سوبسترا بین تیمارهای آزمایشی، با محتوای بالای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین و سیلیس و همچنین نسبت بالاتر نشاسته به کربوهیدرات‌های غیرالیافی در سبوس برنج نسبت به سبوس گندم باشد که زمان بیشتری را لازم دارد تا برای تخمیر در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار گیرد (Besharati و همکاران، ۲۰۰۸).

قابلیت هضم خوراک تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ترکیب خوراک، روش‌های فرآوری و ویژگی‌های خاص حیوان مانند سن و نژاد و عوامل محیطی از جمله محل نگهداری و آب‌وهوا قرار دارد (Surovy و همکاران، ۲۰۲۴). روش‌های فرآوری مانند آسیاب کردن، پلت کردن و عملیات حرارتی می‌تواند با افزایش دسترسی به مواد مغذی و کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای، قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود بخشند. با این وجود، ترکیب شیمیایی ماده خوراکی، مانند وجود عوامل ضد تغذیه‌ای و نسبت الیاف‌های محلول به نامحلول، می‌تواند به طور قابل توجهی بر قابلیت هضم مواد مغذی تأثیر بگذارد (Surovy و همکاران، ۲۰۲۴). در پژوهش حاضر، درصد ماده آلی قابل هضم در سبوس‌های برنج که برای کاهش چربی خام فرآوری شده بودند، کمتر از سبوس گندم بود، که علت آن را می‌توان مرتبط با بخش دیواره سلولی سبوس برنج نسبت به سبوس گندم باشد. زیرا سبوس برنج دارای کربوهیدرات‌هایی با هضم کندتری نسبت به سبوس گندم می‌باشد که می‌تواند روی هضم تأثیر بگذارد.

در پژوهش حاضر، غلظت کل اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بر اساس تولید گاز تخمین زده شد که موافق با گزارش‌های قبلی، پس از انکوباسیون در تیمارهای حاوی سبوس برنج به طور معنی داری کاهش

^۱ CH₄

یافت (Cao و همکاران، ۲۰۱۲؛ Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴). این پژوهش‌ها نشان داد که افزودن سبوس برنج به کشت‌ها، نسبت بوتیرات را پس از انکوباسیون کاهش و نسبت پروپیونات را افزایش داد (Manlapig و همکاران، ۲۰۲۴). تولید بوتیرات در تیمارها ممکن است با کاهش سبوس گندم مرتبط باشد. چندین نویسنده گزارش دادند که افزودن سبوس گندم به جیره، تولید بوتیرات را افزایش می‌دهد (Duncan و همکاران، ۲۰۱۶؛ Graf و همکاران، ۲۰۱۹). از نظر استوکیومتری، تولید پروپیونات در شکمبه، مخازن جایگزینی برای دفع هیدروژن فراهم می‌کند که با کاهش متانوژنز همراه است (Wang و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، کاهش تولید گاز در تیمارهای سبوس برنج ممکن است نتیجه افزایش غلظت پروپیونات باشد.

همچنین توده میکروبی تخمین زده شده بر اساس تولید گاز و سوبسترای هضم شده، در تیمارهای حاوی سبوس برنج نسبت به سبوس گندم کمتر برآورد شد. ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه به عوامل زیادی از جمله قابلیت دسترسی کربوهیدرات و نیتروژن در شکمبه، pH شکمبه، اثرات فیزیولوژیک، مقادیر و منابع ترکیبات نیتروژنی، و پایداری تخمیری شکمبه‌ای وابسته است (Yalchi و همکاران، ۲۰۲۰). مقادیر زیاد کربوهیدرات قابل تخمیر سریع در شکمبه می‌تواند کارایی ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه را کاهش دهد (Yalchi و همکاران، ۲۰۲۰).

بنابراین تولید توده میکروبی به دسترسی باکتری‌ها به پروتئین و منابع انرژی بستگی دارد. در پژوهش حاضر مقدار پروتئین خام در سبوس‌های برنج به‌ویژه رقم طارم هاشمی (۹/۵۶ درصد) نسبت به سبوس گندم (۱۸/۵۵ درصد) کاهش معنی‌داری نشان داد و کربوهیدرات‌های غیرالیافی نیز در سبوس‌های برنج بیشتر از سبوس گندم بود (جدول ۱). اگر تبدیل ماده-

ی آلی هضم شده به توده‌ی میکروبی در مقایسه با تولید گاز (اسیدهای چرب) بیشتر باشد، بازدهی استفاده‌ی هم‌زمان از کربن و نیتروژن افزایش می‌یابد (Makkar, ۲۰۱۰) (Makkar, 2010). در نتیجه بر اساس نتایج این پژوهش، سبوس گندم از نظر تولید توده میکروبی بر سبوس برنج برتری دارد.

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای سبوس‌های برنج و سبوس گندم
تجزیه‌پذیری ماده خشک: نتایج مقایسه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک سبوس گندم با سبوس برنج ارقام شیرودی و طارم هاشمی و ترکیب سبوس‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. بخش تند تجزیه ماده خشک در تیمارهای سبوس برنج شیرودی، سبوس برنج طارم هاشمی و تیمار مخلوط دو نوع سبوس برنج (به ترتیب ۸/۶۷، ۸/۰۴ و ۸/۲۱ درصد)، کاهش معنی‌داری نسبت به سبوس گندم (۱۰/۵۰ درصد) نشان داد ($P=۰/۰۱۳۴$). بخش تند تجزیه در تیمارهای مخلوط سبوس برنج و سبوس گندم (تیمار ۵ و ۶) تفاوت معنی‌داری با تیمار سبوس گندم نداشت. سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک شامل بخش‌های کند تجزیه، بالقوه قابل تجزیه، غیرقابل تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبورهای ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد. بخش سریع تجزیه کمتر در تیمارهای سبوس برنج می‌تواند به دلیل محتوای نشاسته بالاتر و قند کمتر آن نسبت به سبوس گندم باشد. در پژوهش حاضر باوجود اینکه ترکیبات شیمیایی دو سبوس برنج از نظر ماده آلی، پروتئین خام و خاکستر متفاوت بودند، تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری بین سبوس برنج ارقام شیرودی و طارم هاشمی مشاهده نشد.

برخلاف این نتایج، در پژوهشی که دو نمونه سبوس برنج پرچرب از کارخانه‌های خوراک دام در اروپا تهیه شد و تفاوت اصلی دو نمونه سبوس برنج،

تجزیه پذیری بیشتری داشت. با ارجاع به جدول ۱، دو رقم سبوس برنج از نظر درصد کربوهیدرات غیرالیافی و نسبت نشاسته به کربوهیدرات غیرالیافی تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. در نتیجه بخش سریع تجزیه و سایر فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک تحت تأثیر ترکیب شیمیایی سبوس های برنج قرار نگرفت و با وجود تفاوت معنی دار در بخش تند تجزیه سبوس گندم نسبت به سبوس برنج، سایر فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک تحت تأثیر نوع سبوس و ترکیب آنها قرار نگرفت.

محتوای قند و فسفر بالاتر و محتوای نشاسته و کلسیم پایین تر سبوس برنج "A" در مقایسه با سبوس برنج "B" بود. ماده خشک دو سبوس برنج به طور متفاوتی تجزیه شدند و بخش قابل شستشو ماده خشک، بخش های غیر قابل تجزیه و نرخ تجزیه ماده خشک دو محصول سبوس برنج متفاوت بودند (Martin-Tereso Lopez, ۲۰۱۰).

این نتایج نشان می دهد محتوای کربوهیدرات غیرالیافی نقش مؤثری بر تجزیه پذیری ماده خشک دارد، به طوری که سبوس برنج "A" با محتوای کربوهیدرات محلول (قند) بالاتر و نشاسته کمتر،

جدول ۳- فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک سبوس گندم و سبوس های برنج

Table 3. Dry matter degradability parameters of wheat bran and rice bran of different varieties

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments						فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک Dry matter degradability
		1	2	3	4	5	6	
0.0134	0.481	9.31 ^{abc}	9.82 ^{ab}	8.21 ^c	8.04 ^c	8.67 ^{bc}	10.50 ^a	بخش تند تجزیه (a) (درصد) Rapidly degraded fraction (a) (%)
0.7710	0.836	62.23	62.20	61.61	62.23	61.46	60.76	بخش کند تجزیه (b) (درصد) Slowly degraded fraction (b) (%)
0.6236	1.050	71.55	72.02	69.83	70.28	70.13	71.26	بخش بالقوه قابل تجزیه (درصد) Potentially degradable fraction (%)
0.6236	1.050	28.44	27.97	30.16	29.72	29.86	28.74	بخش غیر قابل تجزیه (درصد) Non-degradable fraction (%)
0.2813	0.163	2.25	2.39	2.17	2.15	2.20	2.65	ثابت نرخ تجزیه (c) (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (c) (%/h)
تجزیه پذیری مؤثر در نرخ عبور (درصد در ساعت) Effective degradability with different passage rate (%/h)								
0.7751	0.797	61.68	61.69	61.02	63.61	60.91	60.30	0.02
0.7751	0.743	60.87	60.92	60.16	60.75	60.09	59.63	0.05
0.7691	0.696	60.09	60.18	59.32	59.89	59.29	58.97	0.08

میانگین هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ تیمارهای آزمایشی حاوی سبوس: ۱) سبوس گندم ۲) سبوس برنج رقم شیروودی ۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس برنج رقم طارم هاشمی ۵) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس گندم ۶) مخلوط سبوس برنج رقم طارم هاشمی و سبوس گندم.

*The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

1) wheat bran, 2) rice bran of Shihoodi, 3) Tarom Hashemi rice bran, 4) Shihoodi rice bran + Tarom Hashemi rice bran, 5) Shihoodi rice bran + wheat bran, 6) Tarom Hashemi rice bran + wheat bran.

تجزیه پذیری پروتئین خام: نتایج فراسنجه‌های

تجزیه‌پذیری پروتئین خام سبوس گندم، سبوس برنج ارقام شیرودی و طارم هاشمی و ترکیب سبوس‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. بخش تند تجزیه پروتئین خام در تیمار مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج شیرودی تفاوت معنی‌داری با تیمار سبوس گندم نداشت، در مقابل بخش تند تجزیه پروتئین در سایر تیمارهای سبوس برنج (تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۶)، کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار سبوس گندم نشان داد ($P=0/012$). سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام شامل بخش‌های کند تجزیه، بالقوه قابل تجزیه، غیرقابل تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبورهای ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد. ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام بین تیمارهای آزمایشی تمایل به معنی‌داری نشان داد ($P=0/0772$) و کمترین مقدار آن در تیمار سبوس برنج طارم هاشمی (۲/۲۳ درصد در ساعت) نسبت به تیمار سبوس گندم (۲/۷۷ درصد در ساعت) مشاهده شد. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، پژوهشی دیگر با مقایسه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام در سبوس گندم و سبوس برنج نشان داد که تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین (۷۳ در مقابل ۶۵/۲۹ درصد) و پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (۷۳/۱۸ در مقابل ۶۵/۱۶) در سبوس گندم بیشتر از سبوس برنج بود (Chandrasekharaiah و همکاران، ۲۰۲۲).

همچنین، پژوهشی با هدف ایجاد یک پایگاه داده در مورد ویژگی‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام فرآورده‌های جانبی از جمله سبوس برنج و سبوس گندم، نشان داد که در بین فرآورده‌های فرعی دانه غلات، سبوس گندم بالاترین و سبوس برنج کمترین تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام را داشتند (Habib و همکاران، ۲۰۱۳). بخش‌های محلول (قابل شستشو)، بالقوه قابل تجزیه و نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین خام به

ترتیب از ۱،۶۲، ۰/۶۷۹ و ۰/۱۰۶ در سبوس برنج تا ۰،۴۵۰، ۰/۴۳۲ و ۰/۲۸۱ در سبوس گندم متغیر بود و سبوس گندم بیشترین مقدار (۰،۲۸ در ساعت) را داشت. همچنین در سه نرخ خروج از شکمبه (۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸)، سبوس گندم (۰/۸۵۱، ۰/۸۲۳ و ۰/۷۸۳) بالاترین و سبوس برنج (۰/۷۳۶، ۰/۶۲۳ و ۰/۵۴۹) کمترین مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام را داشتند (Habib و همکاران، ۲۰۱۳). در پژوهش Yalchi و همکاران (۲۰۲۰) فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام برای سبوس گندم، شامل بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر به ترتیب ۴۰/۲۹ درصد، ۵۱/۶۵ درصد و ۸۴/۲۴ درصد گزارش شد.

تغییر در ویژگی‌های تجزیه‌پذیری پروتئین بین آزمایشگاه‌ها، عمدتاً به دلیل تفاوت در روش‌های مورداستفاده برای آماده‌سازی نمونه، اندازه ذرات نمونه، اندازه کیسه‌های نایلونی، تخلخل، اندازه منافذ و نسبت وزن خوراک به اندازه کیسه، تفاوت حیوانات فیستوله شده (گوسفند در مقابل گاو) و جیره حیوانات فیستوله شده است (Habib و همکاران، ۲۰۱۳).

سبوس‌های برنج در پژوهش حاضر چربی زدایی شده بودند، هنگامی که سبوس برنج تحت عملیات حرارتی و چربی زدایی قرار می‌گیرد، پروتئین سبوس برنج تحت دنا توره شدن، راسمیک شدن و واکنش‌های پیوند متقابل قرار می‌گیرد، که پروتئین را نسبت به آنزیم‌های میکروبی کمتر حساس می‌کند و منجر به تجزیه آهسته آن در شکمبه می‌شود (Wallace، ۱۹۹۴). در پژوهشی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام سبوس برنج فرآوری نشده به روش *in sacco* برای بخش‌های محلول، کند تجزیه و غیرقابل تجزیه به ترتیب ۵۰۰، ۲۶۱ و ۲۳۲ گرم در کیلوگرم و نرخ تجزیه پذیری ۰/۰۲۲ در ساعت بود و فرآوری حرارتی سبوس برنج سبب کاهش محتوای

بخش‌های محلول و غیرقابل تجزیه پروتئین شد، در حالی که بخش بالقوه قابل تجزیه و نرخ تجزیه‌پذیری با فرآوری سبوس برنج افزایش یافت (Wang و همکاران، ۲۰۱۲). دلایل قابل قبول برای تفاوت بخش سریع تجزیه در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل تفاوت‌های ذاتی در خوراک‌ها یا به دلیل فرآوری سبوس برنج باشد. کاهش بخش محلول و افزایش بخش قابل تجزیه پروتئین با فرآوری سبوس برنج به این دلیل است که حرارت باعث کاهش محتوای پروتئین محلول و افزایش محتوای پروتئین کند تجزیه‌پذیر و غیرقابل تجزیه می‌شود.

جدول ۴- مقایسه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام سبوس گندم و سبوس‌های برنج

Table 4. Crude protein degradability parameters of wheat bran and rice bran of different varieties

P-value	SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments						فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام Crude protein degradability parameters
		1	2	3	4	5	6	
0.0012	0.451	10.90 ^{bc}	11.66 ^{ab}	10.06 ^{cd}	9.15 ^d	10.61 ^{bc}	12.42 ^a	بخش تند تجزیه (a) (درصد) Rapidly degraded fraction (a) (%)
0.1547	0.476	70.35	69.98	71.43	71.11	70.73	69.77	بخش کند تجزیه (b) (درصد) Slowly degraded fraction (b)
0.3252	0.556	81.25	81.46	81.50	80.26	81.34	82.20	بخش بالقوه قابل تجزیه (درصد) Potentially degradable fraction (%)
0.3252	0.556	18.74	18.36	18.50	19.73	18.65	17.79	بخش غیر قابل تجزیه (درصد) Non-degradable fraction (%)
0.0772	0.134	2.47	2.70	2.32	2.23	2.44	2.77	ثابت نرخ تجزیه (c) (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (c) (%/h)
تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور (درصد در ساعت) Effective degradability with different passage rate (%/h)								
0.2321	0.485	69.78	69.46	70.82	70.48	70.14	69.27	0.02
0.3859	0.501	68.95	68.69	69.92	69.55	69.29	68.52	0.05
0.5586	0.518	68.14	67.95	69.04	68.46	68.46	67.80	0.08

میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ تیمارهای آزمایشی حاوی سبوس: (۱) سبوس گندم (۲) سبوس برنج رقم شیروودی (۳) سبوس برنج رقم طارم هاشمی (۴) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس برنج رقم طارم هاشمی (۵) مخلوط سبوس برنج رقم شیروودی و سبوس گندم (۶) مخلوط سبوس برنج رقم طارم هاشمی و سبوس گندم.

*The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).
1) wheat bran, 2) rice bran of Shiroodi, 3) Tarom Hashemi rice bran, 4) Shiroodi rice bran + Tarom Hashemi rice bran, 5) Shiroodi rice bran + wheat bran, 6) Tarom Hashemi rice bran + wheat bran.

فناوری مورد استفاده برای تهیه خوراک‌ها است. ویژگی‌های تجزیه شکمبه‌ای پروتئین خوراک، میزان تأمین نیتروژن برای میکروب‌های شکمبه و تأمین پروتئین فرار به روده کوچک را تعیین می‌کند.

به‌طور کلی، پروتئین‌های موجود در خوراک‌های مورد استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان، از جمله پروتئین‌های موجود در کنسانتره‌های خوراک، از نظر سرعت تجزیه‌پذیری در شکمبه متفاوت هستند که ناشی از ویژگی‌های شیمیایی متفاوت پروتئین و

در پژوهش حاضر مواد مغذی سبوس برنج در مدت زمان کوتاهی تا حد قابل توجهی در شکمبه تجزیه شدند و سرعت تجزیه پذیری آنها بسته به گونه و واریته، فقط کمی نسبت به سبوس گندم متفاوت بود. بنابراین، نتایج مطالعه حاضر برای تعیین ارزش واقعی پروتئین این خوراک ها برای نشخوارکنندگان مفید است و می تواند برای بهینه سازی فرمولاسیون جیره برای دام های نشخوارکننده از نظر تأمین پروتئین برای حیوانات و کاهش تلفات نیتروژن به محیط زیست و افزایش سودآوری اقتصادی دامداران مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش نشان داد که تفاوت ترکیبات شیمیایی در سبوس های برنج نسبت به سبوس گندم می توانند روی کیفیت سبوس برنج و فراسنجه های تولید گاز و تجزیه پذیری تأثیرگذار باشند. پروتئین خام در سبوس برنج واریته شیرودی نسبت به سبوس برنج رقم طارم هاشمی بالاتر و درصد سیلیس آن کمتر بود. در نتیجه پتانسیل تولید گاز و فراسنجه های تخمینی آن در

تیمارهای حاوی سبوس برنج به ویژه رقم طارم هاشمی کاهش یافت. از فراسنجه های تجزیه پذیری، بخش تند تجزیه ماده خشک و پروتئین خام در تیمارهای سبوس برنج کاهش یافت، ولی این بخش نیز در تیمار مخلوط سبوس گندم و سبوس برنج شیرودی تفاوت معنی داری با تیمار سبوس گندم نداشت. سایر فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی نداشتند. این نتایج می تواند به ایجاد یک پایگاه داده در مورد سینتیک تجزیه شکمبه ای خوراک های محلی کمک کند. به طور کلی در پژوهش حاضر سبوس برنج به ویژه رقم شیرودی به صورت مخلوط با سبوس گندم تأثیر منفی بر فراسنجه های تخمیر شکمبه ای نداشت. بنابراین با توجه به ترکیبات شیمیایی و دسترسی بیشتر آن نسبت به سبوس گندم، به نظر می رسد که استفاده از سبوس برنج در جیره نشخوارکنندگان به صورت مخلوط با سبوس گندم (به نسبت مساوی) می تواند در کاهش هزینه جیره مفید باشد.

منابع

- Aminifard, Z., & Kiani, A. (2023). Determination of fermentation and digestibility parameters of tomato pomace in comparison with wheat bran under in vitro conditions. *Animal Science Research (Agricultural Science)*, 33(2): 93-105.
- AOAC, C. (2005). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. *Official Methods: Gaithersburg, MD, USA*.
- Besharati, M., Taghizadeh, A., Janmohammadi, H., & Moghadam Gholam, A. (2008). Evaluation of some by-Products using In situ and In vitro Gas Production Techniques. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 3(1): 7-12. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2008.7.12>
- Bishwass, K. C., Surovy, N. F., Shuvo, A. A. S., Murshed, H. M., Parvin, S., Pasha, M. M. H., Kabir, A. K. M. A., & Rahman, S. M. E. (2023). Effect of replacing wheat bran with de-oiled rice bran on growth and blood parameters of native sheep. *Journal of Agriculture Food and Environment*, 4(4): 14-19. <https://doi.org/10.47440/JAFE.2023.4403>
- Cao, Y., Takahashi, T., Horiguchi, K. i., Yoshida, N., & Zhou, D. (2012). In vitro ruminal dry matter digestibility and methane production of fermented total mixed ration containing whole crop rice and rice bran. *Grassland science*, 58(3): 133-139.
- Chandrasekharaiah, M., Soren, N. M., & Rao, S. B. N. (2022). Ruminal degradability of bypass fat and protein of certain commonly used feedstuffs in dairy rations. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 92(4): 471-476. <https://doi.org/10.56093/ijans.v92i4.124171>

- Council, N. R., Nutrition, C. o. A., & Nutrition, S. o. D. C. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press.
- Cousins, W. (1976). Elastic modulus of lignin as related to moisture content. *Wood science and technology*, 10(1): 9-17.
- Duncan, S. H., Russell, W. R., Quartieri, A., Rossi, M., Parkhill, J., Walker, A. W., & Flint, H. J. (2016). Wheat bran promotes enrichment within the human colonic microbiota of butyrate-producing bacteria that release ferulic acid. *Environmental microbiology*, 18(7): 2214-2225.
- Fidriyanto, R., Ridwan, R., Astuti, W., Rohmatussolihat, R., Sari, N., Watman, M., & Widyastuti, Y. (2020). In Vitro Ruminal Fermentation and Degradability of Rice Husk on Rice Bran Substitution. *ANNALES BOGORIENSES*, 24: 50-58. <https://doi.org/10.14203/ann.bogor.2020.v24.n1.50-58>
- Graf, D., Weitkunat, K., Dötsch, A., Liebisch, G., Döring, M., Krüger, R., Stoll, D., Vatareck, E., von Coburg, E., & Loh, G. (2019). Specific wheat fractions influence hepatic fat metabolism in diet-induced obese mice. *Nutrients*, 11(10): 2348. <https://doi.org/10.3390/nu11102348>
- Habib, G., Khan, N. A., Ali, M., & Bezabih, M. (2013). In situ ruminal crude protein degradability of by-products from cereals, oilseeds and animal origin. *Livestock Science*, 153(1): 81-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.01.017>
- Hedayati, A. A. K., Aelami, M., Motamedzadegan, A., Maghsoudloo, Y., Ghorbani, M., & Garmekhani, A. D. (2013). Chemical composition and physicochemical properties of Iranian rice bran. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 4(13): 1. <https://www.magiran.com/paper/1115833>
- Islam, K. M. S., Elsabagh, M., Lv, R., Dang, H. L., Sugino, T., & Obitsu, T. (2022). Anaerobic fermentation of rice bran using rumen liquor for desirable chemical changes as animal feed. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(4): 728.
- Makkar, H. (2004). Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. In: FAO Animal Production and Health, Assessing Quality and Safety of Animal Feed, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Makkar, H. P. (2010). In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies* (pp. 107-144). Springer.
- Manlapig, J. J. D., Ban- Tokuda, T., & Matsui, H. (2023). Nutritional quality and organic acid profile of rice bran fermented with lactic acid bacteria isolated from horse feces. *Animal Science Journal*, 94(1): e13860. <https://doi.org/10.1111/asj.13860>
- Manlapig, J. J. D., Kawakami, S., Matamura, M., Kondo, M., Ban-Tokuda, T., & Matsui, H. (2024a). Effect of rice bran extract on in vitro rumen fermentation and methane production. *Animal Science Journal*, 95(1): e13923.
- Manlapig, J. J. D., Kondo, M., Ban- Tokuda, T., & Matsui, H. (2024b). Effect of rice bran fermented with *Ligilactobacillus equi* on in vitro fermentation profile and microbial population. *Animal Science Journal*, 95(1): e13955.
- Martin-Tereso Lopez, J. (2010). *Rumen protected Rice bran to induce the adaptation of calcium metabolism in dairy cows*. Thesis, Wageningen university, Wageningen, the Netherlands. ISBN 978-90-8585-608-5.
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28: 7-55.
- Onipe, O. O., Jideani, A. I., & Beswa, D. (2015). Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(12): 2509-2518.

- Ørskov, E.-R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2): 499-503.
- Parvane, V. (2007). *Quality control and chemical testing of food*, 4th edition, Tehran University publication. P: 358 (In farsi).
- Ranjan, A., Kumar, S., Sahu, N. P., Jain, K. K., & Deo, A. D. (2022). Strategies for maximizing utilization of de-oiled rice bran (DORB) in the fish feed. *Aquaculture International*, 30(1): 99-114.
- Ranjan, A., Sahu, N. P., Deo, A. D., Kumar, H. S., Kumar, S., & Jain, K. K. (2018). Comparative evaluation of fermented and non-fermented de-oiled rice bran with or without exogenous enzymes supplementation in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *Fish physiology and biochemistry*, 44(4): 1037-1049.
- Rezaei, F., & Danesh Mesgaran, M. (2014). The effect of sucrose or starch on fermentation characteristics of some feedstuffs by gas production and In vitro culture. *Journal of Ruminant Research*, 2(1): 91-110. https://ejrr.gau.ac.ir/article_1766.html
- Samadi-Maybodi, A. and E. Atashbozorg. (2006), "Quantitative and qualitative studies of silica in different rice samples grown in north of Iran using UV-vis, XRD and IR spectroscopy techniques", *Talanta*, 70(4), 756-760.
- Sharif, M. K., Butt, M. S., Anjum, F. M., & Khan, S. H. (2014). Rice bran: a novel functional ingredient. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6): 807-816. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.608586>
- Surovy, N., Islam, A., Pasha, M., Murshed, H., Bishwass, K., Chawdhury, M., Titas, R., Afrin, S., & Rahman, S. (2024). Digestibility of de-oiled rice bran and its effect on the growth performance of native sheep in Bangladesh. *Journal of Agriculture, Food and Environment| ISSN (Online Version): 2708-5694*, 5(4): 37-42.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*, 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wallace, R. J. (1994). Amino acid and protein synthesis, turnover, and breakdown by ruminal microorganisms. pp. 71-111. In: J.M. Asplund (eds), *Principles of Protein Metabolism in Ruminants*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Wang, K., Xiong, B., & Zhao, X. (2023). Could propionate formation be used to reduce enteric methane emission in ruminants? *Science of the Total Environment*, 855, 158867.
- Wang, Y., Xin, H. S., Li, Y. Z., Zhang, W. W., Xia, K., Wang, Z. B., Li, M., & Zhang, Y. G. (2012). The effects of different processing methods on the estimated nutritional value of rice bran according to the NRC-2001 Model or DVE/OEB system. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21(3): 503-520. <https://doi.org/10.22358/jafs/66125/2012>
- Yalchi, t., Seifdavati, J., & Seyedsharifi, R. (2020). Effect of Nutrient Synchrony on Ruminant Fermentation, Microbial Protein Synthesis and Nitrogen Balance in Sheep. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 12(1): 19-33. <https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i1.76961>