

جداسازی ذرات سبوس گندم و بررسی ارزش تغذیه‌ای آنها با استفاده از روش تولید گاز

مسلم باشتنی^{۱*}، زینب نقش بندی^۲، اکبر تقی زاده^۳، محمدرضا اصغری^۴ و فاطمه گنجی^۵

۱- دانشیار دانشگاه بیرجند

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند

۳- استاد دانشگاه تبریز

۴- مربی دانشگاه بیرجند

۵- دانشجوی دکتری تغذیه دام دانشگاه بیرجند

چکیده

این آزمایش به منظور تعیین ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه پذیری سبوس گندم در کارخانه‌های مختلف موجود در شهرهای بیرجند و ایرانشهر واقع در استان‌های خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان انجام شد. برای این منظور هر ماه از ۴ کارخانه تولید آرد این شهرها نمونه‌گیری انجام شد. کل مدت نمونه‌گیری شش ماه بود. نمونه‌های سبوس جمع آوری شده بر اساس اندازه ذرات جداسازی شده و مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند. فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده شامل پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و درصد وزن نمونه‌های جدا شده بر اساس اندازه ذرات بود. فراسنجه‌های تجزیه پذیری نمونه‌های سبوس با استفاده از روش تولید گاز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بین کارخانه‌ها از لحاظ پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و درصد وزنی تفاوت معنی داری وجود نداشت و تنها میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کارخانه دو در ماه‌های مختلف معنی دار شد. بیشترین مقدار NDF مربوط به اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بود و کمترین مقدار مربوط به اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر بود. بیشترین میانگین درصد وزنی مربوط به اندازه ذرات بین ۱/۱۸-۰/۵ میلی‌متر بود. تفاوت معنی داری بین تیمارهای مختلف از لحاظ تولید گاز در ۲۴ ساعت وجود داشت. بالاترین میزان تولید گاز بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون مربوط به ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بود. بیشترین میانگین گاز تولیدی در همه کارخانه‌ها مربوط به اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر بود. در تمام کارخانه‌ها با کاهش اندازه ذرات، پتانسیل تولید گاز افزایش یافت. نتیجه گرفته شد که همیشه اندازه ذرات سبوس نمی‌تواند معیار درستی برای قضاوت در رابطه با ارزش غذایی آن باشد.

کلمات کلیدی: سبوس گندم، تولید گاز، ارزش غذایی

مقدمه

بخش عمده‌ای از محصولات کشاورزی به همان شکلی که بدست می‌آیند در تغذیه انسان قابل مصرف نبوده و باید بر روی آن‌ها فرآیندهایی صورت پذیرد تا بصورت قابل مصرف درآیند. آن چیزی که بعد از عمل فرآیند سازی باقی می‌ماند، به جز در برخی موارد خاص برای انسان غیر قابل مصرف بوده و اصطلاحاً تحت عنوان «محصولات فرعی صنایع کشاورزی» نامیده می‌شود. این مواد عمدتاً در تغذیه دام‌ها بکار برده می‌شوند (جامعی، ۱۳۷۲). استفاده از این فرآورده‌ها حداقل دو فایده در بردارد، اول اینکه باعث پائین آمدن قیمت جیره غذایی می‌شود که بستگی به قیمت این فرآورده‌ها و سایر اقلام جیره دارد و دوم اینکه یک راه بی‌خطر و کم هزینه برای حفظ محیط زیست می‌باشد. از طرفی علاوه بر قیمت خوراک، در دسترس بودن و کیفیت مواد مغذی آن جهت کاربرد در جیره مهم است (ارسکوف، ۱۹۸۸). در فرآیند آسیاب کردن گندم برای تولید آرد، مقادیر زیادی محصولات فرعی بدست می‌آیند. مهم‌ترین محصول فرعی دانه گندم بعد از آسیاب شدن، سبوس آن می‌باشد که از نظر ارزش غذایی (مقدار پروتئین، املاح معدنی بویژه فسفر و ویتامین‌های گروه B بویژه نیاسین که در فرآیندهای بیوشیمیایی بدن نقش مهمی دارد) نسبت به آرد و خود دانه در درجه اهمیت بالاتری قرار دارد (بارتنیک و جاکوبزیک، ۱۹۸۹). سبوس از نظر اندازه ذرات به سبوس درشت، ریز و متوسط درجه بندی می‌گردد (جامعی، ۱۳۷۲ و صوفی سیاوش، ۱۳۸۳). که از نظر ترکیبات شیمیایی شبیه به یکدیگر بوده و هرگونه تغییر در ترکیب آن‌ها بستگی به ترکیب موادی دارد که هنگام آرد کردن گندم وارد آن می‌شود (صوفی سیاوش، ۱۳۸۳).

برای تعیین ترکیب شیمیایی سبوس تحقیقات زیادی انجام نگرفته است و از آنجاییکه سبوس یک محصول استاندارد نیست، بنابراین ترکیب شیمیایی متفاوتی دارد که اطلاعات مربوط به آن به طور دائم در حال تغییر و تحول است که عمدتاً به کیفیت دانه، سرعت استخراج آرد و تکنولوژی آسیاب بستگی دارد. قربانی و نیکخواه (۲۰۰۵) الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) نمونه‌های سبوس تهیه شده از دامپروری‌های مختلف استان اصفهان، را اندازه‌گیری کردند و میزان آنها در محدوده ۳۴/۷ تا ۴۷/۴ درصد بدست آمد.

آرزومنا و همکاران (۱۹۹۴) ۸ نمونه سبوس گندم را از کارخانجات ایالت کالیفرنیا جمع آوری نموده و مقدار NDF آن‌ها در محدوده بین ۲۹/۹۱ تا ۴۵/۸۶ درصد متغیر بود. فارل

و همکاران (۱۹۶۷) حدود ۳۰ درصد تفاوت در مقدار پروتئین سبوس حاصل از ۹ واریته گندم را بدست آوردند در حالیکه پیترسون و همکاران (۱۹۸۳) با مقایسه ۲۷ واریته گندم دوروم دریافتند که این تفاوت بیشتر از ۶۰ درصد است.

بلومل و ارسکوف (۱۹۹۳) از تکنیک تولید گاز برای توصیف روند تخمیر و ماده خشک براساس معادله $P=a+b(1-e^{-ct})$ استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که کل گاز تولید شده $(a+b)$ همبستگی بالایی با میزان مصرف خوراک (۰/۸۸) ماده خشک، قابلیت هضم مصرفی (۰/۹۳) و نرخ رشد (۰/۹۵) دارد. بلومل و ارسکوف (۱۹۹۳) معادلات همبستگی تجزیه‌پذیری ماده خشک و گاز تولیدشده در زمان‌های مختلف انکوباسیون در چند نمونه گاه را گزارش کردند. بهترین معادلات زمانی بدست آمد که اطلاعات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گاز تولیدی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون بکار رفت ($R^2=0/97$). آن‌ها ضرایب همبستگی بین بخش‌های a ، b و c را با ماده خشک قابل هضم مصرفی، ماده خشک مصرفی و نرخ رشد بدست آوردند. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که با وارد کردن بخش a به جای کل گاز تولید شده در زمان t بخش عمده‌ای از واریانس موجود توضیح داده می‌شود. با وارد کردن بخش b در معادله رگرسیونی قابلیت هضم مصرفی، ضریب تخمین (R^2) بهبود یافت. ولی با وارد کردن ثابت سرعت تجزیه‌پذیری (c) بهبودی حاصل نشد. بخش a ، b و c همان ضرایب تجزیه‌پذیری هستند که با استفاده از میزان تولید گاز در زمان‌های مختلف تخمین زده می‌شود.

بلومل و ارسکوف (۱۹۹۳) گزارش نمودند که اندازه‌گیری تولید گاز در زمان‌های ۸، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ ساعت به طور مساوی دارای بالاترین میزان همبستگی قابلیت هضم ماده خشک مصرفی نسبت به سایر زمان‌ها بود. برای تکنیک کیسه‌های نایلونی اندازه‌گیری ناپدید شدن ماده خشک در زمان‌های ۸، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت دارای بالاترین ظرفیت همبستگی بود ($R^2=0/92-0/82$). آنچه که طی شستن با آب سرد از کیسه‌ها خارج می‌شود شامل بخش محلول و ذرات ریزی می‌باشد که اندازه آن‌ها از قطر منافذ کیسه کمتر می‌باشد. ذرات کوچکی که طی شستشو از کیسه خارج می‌شود جزء بخش محلول و قابل هضم فرض می‌شود.

تقی زاده و همکاران (۱۳۸۰) میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین سبوس گندم را به ترتیب $72/15 \pm 0/21$ و $87/5 \pm 1/47$ درصد بدست آوردند. مارقازانی و همکاران (۱۹۹۹) با قراردادن کیسه‌های نایلونی در شکمبه گوسفند،

معدنی- ویتامینی، ۲٪ پودر صدف و ۰/۵٪ نمک (برحسب ماده خشک) بود. حیوانات به طور انفرادی نگهداری و تغذیه می‌شدند. مایع شکمبه صاف شده و با بزاق مصنوعی تهیه شده (مکدوگال، ۱۹۴۸) به نسبت ۱ (مایع شکمبه) به ۲ (محیط کشت) مخلوط شد. مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط در داخل سرنگ حاوی نمونه ریخته و سپس سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور (۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. در زمان‌های ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از قرار دادن سرنگ‌ها در انکوباتور، میزان گاز تولیدی قرائت و ثبت گردید. داده‌های بدست آمده از تولید گاز با استفاده از رابطه زیر برازش داده شد.

$$P=b(1-e^{-ct})$$

در این معادله P حجم گاز تولیدی در زمان، b پتانسیل تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، c ثابت نرخ تولید گاز و t زمان انکوباسیون می‌باشد. قابلیت هضم ظاهری ماده آلی (IVOMAD) و انرژی قابل متابولیسم (ME) تیمارهای مختلف با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد (منک و همکاران، ۱۹۸۸ و گتاچیو و همکاران، ۲۰۰۲):

$$\text{IVOMAD(g/kgDM)}=14.88+0.8893(\text{ml gas produced})+0.0448(\text{protein:g/kg DM})+0.0651(\text{ash:g/kg DM})$$

$$\text{ME(MJ/kgDM)}=1.06+0.157\text{GP}+0.084\text{CP}+0.22\text{CF}-0.081\text{CA}$$

که در معادلات بالا ME ، IVOMAD ، GP ، CP و CA به ترتیب انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ظاهری ماده آلی، گاز تولیدی در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، درصد پروتئین خام در ماده خشک و درصد خاکستر خام در ماده خشک می‌باشد.

مدل آماری

از مدل نمایی ارسکوف به منظور برآورد پارامترهای تولید گاز استفاده شد. پارامترهای برآورد شده شامل ترکیب شیمیایی، میزان تولید گاز و ضرایب c ، b توسط رویه مدل خطی عمومی نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۰) آنالیز آماری شد و مقایسه میانگین زیر گروه‌ها توسط روش توکی کرامر در سطح ۵ درصد خطا انجام شد.

نتیجه گرفتند که تجزیه پذیری پروتئین سبوس گندم (در ۱۲ ساعت)، ۸۸/۷۵٪ است. پاتیل و همکاران (۱۹۹۸) تجزیه پذیری پروتئین و ماده خشک سبوس را روی ۳ رأس بز آزمایش نمودند و نتیجه گرفتند که درصد تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین در سبوس گندم، به ترتیب ۷۱٪ و ۷۲٪ می‌باشد هدف از انجام این آزمایش جدا سازی ذرات سبوس گندم و تعیین ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه پذیری آنها با استفاده از روش تولید گاز بود.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه‌ها: در ابتدا نمونه‌های سبوس به وزن ۲ کیلوگرم از ۴ کارخانه تولید آرد ۱- ستاره ایرانشهر، ۲- صنایع غذایی بیرجند، ۳- گلبرگ بیرجند و ۴- تعاونی ۹ ایرانشهر واقع در دو استان خراسان جنوبی و سیستان بلوچستان برای شش ماه متوالی در ابتدای هر ماه جمع آوری شد. سپس به منظور جداسازی نمونه‌ها بر اساس اندازه ذرات، ۲۰۰ گرم از نمونه‌های آزمایشی وزن و با استفاده از الک‌های با قطر منافذ: ۱/۱۸، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر جداسازی شدند و مقدار نمونه‌های باقیمانده بر روی هر الک توسط ترازوی دیجیتال وزن شدند و درصد وزنی هر قسمت محاسبه شد. نمونه‌های باقی مانده بر روی الک‌های مختلف برای بررسی ترکیب شیمیایی به آزمایشگاه برده شد. میزان پروتئین خام با روش کج‌لدال و میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی با روش ون سست و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد.

تعیین فراسنجه‌های تجزیه پذیری به روش تولید گاز

به منظور اندازه‌گیری تولید گاز از روش منک و همکاران (۱۹۷۹) استفاده شد. ابتدا مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه بعد از آسیاب (با اندازه ذرات ۱ میلی‌متر) در داخل سرنگ‌های مخصوص قرار داده شد. برای هر نمونه ۳ تکرار (سرنگ) در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود یک ساعت قبل از تغذیه صبح از دو رأس تلیسه هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای جمع آوری و صاف گردید. حیوانات از یک هفته قبل با جیره حاوی ۱/۸ کیلوگرم یونجه خشک، ۱/۸ کیلوگرم کنسانتره، ۰/۵ کیلوگرم ذرت سیلویی و ۱/۸ کیلوگرم کاه گندم (بر حسب ماده خشک) در سطح نگهداری به صورت جیره کاملاً مخلوط در ۲ نوبت صبح و عصر در ساعت‌های ۶:۰۰ و ۱۸:۰۰ تغذیه شدند. اجزاء کنسانتره شامل ۳۵٪ دانه جو، ۱۸٪ دانه ذرت، ۱۰٪ کنجاله سویا، ۱۵٪ کنجاله کلزا، ۱۱/۵٪ سبوس گندم، ۷٪ ملاس، ۱٪ مکمل

نتایج و بحث

تعیین ترکیبات شیمیایی اندازه ذرات مختلف سبوس

نتایج مربوط به ترکیبات شیمیایی اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانجات مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. تفاوت بین ترکیب شیمیایی اندازه ذرات مختلف سبوس از لحاظ لحاظ آماری معنی دار نبود ($P < 0/05$). نیکو (۱۳۷۰) گزارش کرد که هرچه نسبت استخراج آرد کمتر باشد میزان پروتئین خام سبوس بیشتر خواهد بود. نسبت استخراج، وزن مقدار آردی است که از آسیاب نمودن ۱۰۰ قسمت گندم بدست می‌آید (نیکو، ۱۳۷۰). هرچه نسبت استخراج پایین‌تر باشد آرد و آندوسپرم بیشتری با سبوس همراه می‌شود (بارتنیک و جاکوبزیک، ۱۹۸۹). در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر که ذرات آرد بیشتری همراه با سبوس بود یا درجه استخراج کمتر بود، میزان پروتئین خام آن بالاتر بود. علت اینکه هر چه اندازه ذرات ریزتر می‌شده ولی پروتئین آن تغییری نکرده است، ممکن است این باشد که میزان نشاسته یا آندوسپرم نمونه‌ها کم بوده است و ذرات ریز مربوط به سبوس بوده است نه آرد، یا به عبارت دیگر سیستم آسیاب طوری بوده که در بعضی کارخانجات سبوس‌ها را بیشتر ریز می‌کرده است.

بنابراین این فرض نمی‌تواند همیشه درست باشد که هر چه سبوس ریزتر باشد حاوی آرد بیشتری است.

نتایج موجود در جدول ۱ مربوط به میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشان داد که تفاوت بین اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر و کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در کارخانه ۲ معنی دار بود ($P < 0/05$) و تفاوت بین سایر کارخانه‌ها معنی دار نبود. بیشترین مقدار NDF مربوط به اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بود و کمترین مقدار مربوط به اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر بود. این می‌تواند به علت این باشد که در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر احتمال وجود آرد بیشتر می‌باشد و به دلیل خاصیت نشاسته‌ای آرد، NDF کاهش یافته است. دلیل بالا بودن میزان NDF در اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر این است که این نمونه‌ها پوسته بالایی داشتند و در پوسته هم میزان NDF بالا می‌باشد.

درصد وزنی: میانگین درصد وزنی اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانجات ۱ تا ۴ در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به اندازه ذرات بین ۱/۱۸-۰/۵ میلی‌متر می‌باشد. اختلاف میانگین درصد وزنی بین تیمارها ممکن است ناشی از اختلاف در سیستم‌های آسیاب کارخانجات مختلف باشد.

جدول ۱- میانگین پروتئین خام، NDF و درصد وزنی نمونه‌های مختلف سبوس جدا شده بر اساس اندازه ذرات

SEM	P	اندازه ذرات (میلی‌متر)				ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)	کارخانه
		کوچکتر از ۰/۲۵	بین ۰/۵ و ۰/۲۵	بین ۱/۱۸ و ۰/۵	بزرگتر از ۱/۱۸		
۰/۶۵	۰/۸	۱۸/۸۲	۱۸/۸۲	۱۹/۳۰	۱۸/۲۴	پروتئین خام	۱
۳	۰/۱	۵۱/۶۳	۵۳/۸۶	۵۲/۱۱	۶۴/۳۰	NDF	
-----	---	۱۱/۲۷	۱۴/۶۲	۴۸/۲۲	۲۵/۶۷	درصد وزنی	
۰/۶۵	۰/۸	۱۸/۰۲	۱۷/۱۳	۱۶/۸۹	۱۶/۹۰	پروتئین خام	۲
۳	۰/۰۱	۴۳/۱۲ ^b	۵۲/۸۰ ^{bc}	۵۸/۱۷ ^{abc}	۵۹/۹۵ ^a	NDF	
-----	---	۱۴/۹۰	۲۰/۳۶	۴۷/۷۷	۱۶/۹۶	درصد وزنی	
۰/۶۵	۰/۸	۱۸/۹۷	۱۸/۱۲	۱۷/۶۲	۱۷/۳۵	پروتئین خام	۳
۳	۰/۱	۴۷/۳۴	۶۲/۸۰	۵۵/۵۸	۶۶/۹۶	NDF	
-----	---	۱۰/۷۰	۱۶/۲۸	۵۷/۵۶	۱۵/۴۴	درصد وزنی	
۰/۶۵	۰/۸	۱۸/۶۵	۱۸/۸۸	۱۷/۸۶	۱۷	پروتئین خام	۴
۳	۰/۱	۵۴/۹۸	۵۴/۴۷	۵۷/۸۲	۶۸/۲۰	NDF	
-----	---	۱۵/۷۹	۴۴	۳۹/۴۲	۳/۷۷	درصد وزنی	

۱. کارخانه ستاره ایرانشهر ۲. کارخانه صنایع غذایی بیرجند ۳. گلبرگ بیرجند ۴. تعاونی ۹ ایرانشهر
حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار آماری ($P < 0/05$) است. NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی

تعیین فراسنجه‌های تولید گاز اندازه ذرات مختلف

سبوس گندم مربوط به کارخانجات مختلف

۱- روند تولید گاز در زمان‌های مختلف انکوباسیون

در نتیجه افزایش سطح تماس میکروپها و آنزیم‌ها با آنها و در نتیجه تخمیر بیشتر ذکر کرد. علاوه بر آن ممکن است حاوی نشاسته بیشتری بوده که در مقایسه با فیبر از تخمیر بالاتری برخوردار است. در مطالعه بوباگر (۲۰۰۵) نشان داده شده که هیچ کدام از فاکتورهای فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی بر روی پارامترهای تولید گاز اثر نمی‌گذارد. فقط لیگنین پتانسیل تولید گاز و تولید گاز طی ۲۴ ساعت ابتدایی انکوباسیون را محدود می‌کند. محتوای لیگنین به طور نامطلوبی بر روی ماده خشک قابل هضم نیز اثر می‌گذارد.

با توجه به اینکه ارزش غذایی مواد خوراکی و محصولات فرعی همبستگی بسیار بالایی با میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت ابتدایی انکوباسیون دارد (منک و استینگاس، ۱۹۸۸). لذا بالا بودن تولید گاز در ۲۴ ساعت اولیه دلیل بر بالا بودن ارزش غذایی مواد خوراکی است. بنابراین سبوس‌هایی که میانگین درصد وزنی اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در آنها بیشتر باشد از ارزش غذایی بالاتری برخوردار هستند، زیرا در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر تولید گاز بیشتر و در نتیجه ارزش غذایی بالاتر است.

در مورد خوراکی‌های با NDF بالا، گتاجیو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که بین تولید گاز و NDF همبستگی منفی وجود دارد. همچنین لاری (۱۹۹۸) گزارش کرد که NDF اثر منفی بر روی هضم مواد در شکمبه دارد.

داده‌های مربوط به آزمون تولید گاز ذرات مختلف سبوس کارخانجات مختلف طی ساعات مختلف انکوباسیون در جدول ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش زمان انکوباسیون حجم گاز تولیدی افزایش یافته است. مقایسه مقدار گاز تولید شده (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم) نشان داد تفاوت معنی داری بین تیمارهای مختلف از لحاظ تولید گاز وجود داشت. بالاترین میزان تولید گاز بعد از ۷۲ ساعت انکوباسیون مربوط به ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بود. بر طبق نتایج موجود در جداول ۲، ۳، ۴ و ۵ در زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون در تمامی کارخانجات تفاوت بین اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر و ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر از لحاظ آماری ($P < 0.05$) معنی دار بود. بیشترین میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت انکوباسیون مربوط به اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر و کمترین میزان مربوط به اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بود. یادآوری می‌شود که سبوس با اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر بیشترین مقدار NDF را در بین تیمارها داشت. نتایج تحقیق فایلیا (۲۰۰۱) نشان داد که میزان تولید گاز تحت تأثیر مقدار پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی است. شاید دلیل افزایش تولید گاز در تیمار با اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ را بتوان کوچکی ذرات و

جدول ۲- میانگین تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون برای اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانه ۱ (ستاره ایرانشهر)

(میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم)

اندازه ذرات (میلی‌متر)	ساعات مختلف انکوباسیون							
	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۲	۸	۶	۴
بزرگتر از ۱/۱۸	۶۶/۸۰ ^b	۶۱/۴۸ ^b	۵۵/۴۰ ^b	۵۲/۱۰ ^b	۳۹/۹۴ ^{ab}	۳۳/۵۲ ^b	۲۷/۹۶ ^{ab}	۱۷/۳۹
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۶۷/۲۲ ^b	۶۴/۹۶ ^b	۵۸/۱۹ ^b	۵۳/۸۴ ^b	۴۴/۱۲ ^b	۳۷/۳۴ ^{ab}	۳۱/۷۸ ^{ab}	۱۷/۸۹
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۷۹/۰۳ ^b	۷۵/۰۳ ^b	۷۲/۹۵ ^b	۶۴/۰۹ ^b	۴۴/۸۱ ^b	۲۸/۶۶ ^b	۲۰/۳۲ ^b	۱۱/۹۸
کوچکتر از ۰/۲۵	۹۹/۸۷ ^a	۹۶/۴۰ ^a	۹۳/۱۰ ^a	۸۵/۸۰ ^a	۷۲/۶۰ ^a	۵۹/۵۷ ^a	۴۱/۶۸ ^a	۲۲/۰۶
SEM	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸

حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

SEM: اشتباه معیار میانگین

جدول ۳ - میانگین تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون برای اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانه ۲ (صنایع غذایی بیرجند)
(میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم)

اندازه ذرات (میلی متر)	ساعات مختلف انکوباسیون							
	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۲	۸	۶	۴
بزرگتر از ۱/۱۸	۵۶/۸۱	۴۸/۹۹ ^b	۴۳/۹۵ ^b	۴۱/۶۹ ^b	۳۰/۹۲	۲۳/۸۰	۱۹/۲۸	۱۳/۶۴
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۵۹/۹۳	۶۰/۶۳ ^{ab}	۸۵/۵۳ ^{ab}	۵۲/۱۲ ^{ab}	۴۰/۳۰	۳۱/۴۴	۲۷/۱۰	۱۶/۸۵
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۷۱/۴۰	۶۷/۴۰ ^{ab}	۶۵/۶۷ ^a	۶۱/۳ ^a	۴۶/۲۱	۳۲/۴۸	۲۳/۸۰	۱۵/۸۰
کوچکتر از ۰/۲۵	۷۲/۰۹	۶۸/۷۹ ^a	۷۱/۲۳ ^a	۶۲/۷۱ ^a	۴۶/۵۶	۳۲/۸۳	۱۸/۵۸	۱۰/۲۵
SEM	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸

حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد.

SEM: اشتباه معیار میانگین

جدول ۴ - میانگین تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون برای اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانه ۳ (گلبرگ بیرجند) (میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم)

اندازه ذرات (میلی متر)	ساعات مختلف انکوباسیون							
	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۲	۸	۶	۴
بزرگتر از ۱/۱۸	۷۸/۳۵ ^b	۷۱/۲۲ ^b	۶۱/۶۷ ^b	۵۸/۰۲ ^b	۴۵/۸۶ ^{ab}	۳۷/۶۹ ^{ab}	۳۱/۷۹ ^{ab}	۱۹/۲۸
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۷۵/۲۲ ^{bc}	۶۸/۹۶ ^b	۶۶/۰۱ ^b	۶۰/۱۰ ^b	۴۹/۳۳ ^{ab}	۴۱/۵۲ ^{ab}	۳۱/۲۷ ^{ab}	۲۱/۰۲
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۵۹/۵۸ ^c	۵۴/۸۹ ^b	۵۳/۱۵ ^b	۴۹/۱۶ ^b	۳۵/۰۹ ^b	۲۵/۵۳ ^b	۱۶/۵۰ ^b	۹/۵۵
کوچکتر از ۰/۲۵	۹۷/۱۱ ^a	۹۱/۵۵ ^a	۸۴/۷۷ ^a	۷۹/۲۱ ^a	۶۳/۵۸ ^a	۵۴/۳۷ ^a	۳۸/۹۱ ^a	۲۶/۲۳
SEM	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸

حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد.

SEM: اشتباه معیار میانگین

جدول ۵ - میانگین تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون برای اندازه ذرات مختلف سبوس در کارخانه ۴

(تعاونی ۹ ایرانشهر) (میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم)

اندازه ذرات (میلی متر)	ساعات مختلف انکوباسیون							
	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۲	۸	۶	۴
بزرگتر از ۱/۱۸	۵۵/۶۶ ^b	۵۳/۸۴ ^{ab}	۴۷/۴۱ ^b	۴۴/۴۶ ^b	۳۶/۸۲ ^{ab}	۳۰/۷۴	۲۵/۸۷	۱۵/۱۱ ^b
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۶۸/۹۵ ^{ab}	۶۳/۷۴ ^{ab}	۵۸/۷۰ ^{ab}	۵۱/۴۱ ^{ab}	۴۰/۶۴ ^{ab}	۳۴/۲۱	۲۶/۰۵	۱۷/۵۴ ^b
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۵۷/۴۸ ^b	۵۱/۷۵ ^b	۴۸/۹۷ ^b	۴۴/۶۳ ^b	۳۲/۳۰ ^b	۲۵/۵۳	۱۵/۸۰	۷/۴۶ ^b
کوچکتر از ۰/۲۵	۸۵/۲۷ ^a	۸۰/۷۶ ^a	۷۲/۲۵ ^a	۶۶/۶۹ ^a	۵۲/۴۵ ^a	۴۲/۹۴	۳۰/۵۶	۲۰/۳۳ ^a
SEM	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸	۲/۹۸

حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد.

SEM: اشتباه معیار میانگین

۲- فراسنجه‌های تولید گاز

داده‌های مربوط به میانگین فراسنجه‌های تولید گاز سبوس کارخانه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب در جداول ۶ تا ۹ آمده است. فراسنجه‌های تولید گاز تیمارها نشان دهنده تفاوت در ترکیب شیمیایی به خصوص کربوهیدرات‌های قابل تخمیر، دیواره سلولی و غیره می‌باشد (پایا و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد بیشترین میانگین گاز تولیدی از بخش نامحلول در آب ولی قابل تخمیر در همه کارخانه‌ها مربوط به اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر بود. در تمام کارخانه‌ها با کاهش اندازه ذرات، پتانسیل تولید گاز (b) افزایش یافت به طوری که در ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر به حداکثر خود رسید. این بخش تحت تاثیر عواملی از قبیل حلالیت، ساختمان فیزیکی گیاه و میزان دیواره سلولی قرار دارد (کمالک و همکاران، ۲۰۰۵). شاید یکی از دلایل بیشتر بودن پتانسیل گاز تولیدی در این اندازه ذرات وجود آرد بیشتر در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر باشد، زیرا با افزایش آرد قابلیت تخمیر بالا می‌رود. در

مقابل کمترین پتانسیل گاز تولیدی مربوط به اندازه ذرات بزرگتر از ۱/۱۸ میلی‌متر می‌باشد. زیرا در این اندازه ذرات مقدار سبوس بیشتر بوده که حاوی NDF بالایی هستند و قابلیت تخمیر آنها پایین می‌باشد. بر طبق نتایج موجود در جداول ۶ تا ۹ در کارخانه ۱ و ۲ با کاهش اندازه ذرات ضریب b افزایش یافت. در کارخانه ۳ و ۴ نیز این روند مشاهده شد به جز اینکه ذرات بین ۰/۵ - ۰/۲۵ میلی‌متر ضریب b پایینی داشتند. با توجه به اینکه میزان تولید گاز آن‌ها (جداول ۴ و ۵) نیز نسبت به سایر ذرات پایین بود، ممکن است به دلیل خطا در اندازه‌گیری تولید گاز باشد. در خوراک‌های فیبری و خوراک‌های با قابلیت هضم کم، وقتی اندازه ذرات کاهش می‌یابد، نرخ تولید گاز افزایش می‌یابد و به نظر می‌رسد علت آن افزایش سطح تماس و همچنین دسترسی میکروبی بیشتر به ذرات خوراک باشد (منک و استینگاس، ۱۹۸۸ و لومن و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۶ - فراسنجه‌های تولید گاز اندازه ذرات مختلف سبوس گندم کارخانه ۱ (ستاره ایرانشهر)

اندازه ذرات	b	c
بزرگتر از ۱/۱۸	۶۳/۲۴ ^c	۰/۰۸ ^{ab}
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۶۸/۷۰ ^{bc}	۰/۰۹ ^a
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۸۱/۵۶ ^b	۰/۰۵ ^b
کوچکتر از ۰/۲۵	۹۷/۹۶ ^a	۰/۰۹ ^a
SEM	۲/۸۷	۰/۰۰۵

b: حجم گاز تولیدی از بخش نامحلول در آب ولی قابل تخمیر (میلی لیتر) c: ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) SEM: اشتباه معیار میانگین حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۷ - فراسنجه‌های تولید گاز اندازه ذرات مختلف سبوس گندم کارخانه ۲ (صنایع غذایی)

اندازه ذرات	b	c
بزرگتر از ۱/۱۸	۶۱/۶۶ ^{ab}	۰/۰۶
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۵۹/۳۳ ^b	۰/۰۸
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۷۰/۹۰ ^{ab}	۰/۰۷
کوچکتر از ۰/۲۵	۷۳/۲۰ ^a	۰/۰۶
SEM	۲/۸۷	۰/۰۰۵

b: حجم گاز تولیدی از بخش نامحلول در آب ولی قابل تخمیر (میلی لیتر) c: ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) SEM: اشتباه معیار میانگین حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۸ - فراسنجه‌های تولید گاز اندازه ذرات مختلف سبوس گندم کارخانه ۳ (گلبرگ بیرجند)

اندازه ذرات	b	c
بزرگتر از ۱/۱۸	۷۲/۰۵ ^b	۰/۰۷
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۷۰/۷۴ ^b	۰/۰۹
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۵۹/۲۴ ^b	۰/۰۶
کوچکتر از ۰/۲۵	۹۲/۳۱ ^a	۰/۰۹
SEM	۲/۸۷	۰/۰۰۵

b: حجم گاز تولیدی از بخش نامحلول در آب ولی قابل تخمیر (میلی لیتر) c: ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) SEM: اشتباه معیار میانگین حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۹ - فراسنجه‌های تولید گاز اندازه ذرات مختلف سبوس گندم کارخانه ۴ (تعاونی ۹ ایرانشهر)

اندازه ذرات	b	c
بزرگتر از ۱/۱۸	۵۱/۵۳ ^b	۰/۱ ^a
بین ۱/۱۸ و ۰/۵	۶۵/۲۰ ^b	۰/۰۷ ^{ab}
بین ۰/۵ و ۰/۲۵	۵۶/۴۰ ^b	۰/۰۵ ^b
کوچکتر از ۰/۲۵	۸۱/۵۴ ^a	۰/۰۷ ^{ab}
SEM	۲/۸۷	۰/۰۰۵

b: حجم گاز تولیدی از بخش نامحلول در آب ولی قابل تخمیر (میلی لیتر) c: ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) SEM: اشتباه معیار میانگین حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

منابع

- تقی زاده، شجاع ج، مقدم غ ع، جانمحمدی ح و یاسان پ، ۱۳۸۰. تعیین تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام برخی از مواد خشبی و متراکم با روش *In-Situ* در گوسفند. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۳. صفحه‌های ۹۳ تا ۱۰۰
- جامعی، پ، ۱۳۷۲. تغذیه تجربی دام و طیور. انتشارات دانشگاه تهران
- صوفی سیاوش، ر. جانمحمدی، ح. ۱۳۸۳. تغذیه دام (ترجمه). انتشارات آبیژ.
- نیکو، آ. ۱۳۷۰. تکنولوژی غلات. ناشر: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.
- Arosemena, A., Dpeters, E.J., and Fadel, J.G., 1994. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feed-stuffs, *Animal Feed Science and Technology*. 54: 103-120.
- Bartnik, M. and Jakubczyk, T., 1989. Chemical composition and the nutritive value of wheat bran, *World Review Nutrition Diet*, 60: 92-131.
- Blummel M. and Ørskov, E.R., 1993. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle, *Animal Feed Science and Technology*. 40:109-119.
- Boubaker, A. G., Kayouli, C., 2005. In vitro gas production and its relationship to in situ disappearance and chemical composition of some Mediterranean browse species. *Animal Feed Science and Technology*. pp: 303-311
- Farrel, E.P., Ward A., Miller G.D. and Lowett, L.A., 1967. Extensive analysis of flours and mill feeds made from nine different wheat mixes. I. Amounts and analyses. *Cer. Chem*. 44: 39-47.
- Filya, I., 2001. Silage fermentation. *Ataturk univ. Depart. Revi.*, 32: 87-92.
- Getachew, G., Crovetto, G.M., Fondevila, M., Krishna Moorthy, U., Singh, B., Spanghero, M., Steingass, H., Robinson, P.H. and Kailas, M.M., 2002. Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 102: 169-180.
- Ghorbani, G.R. and Nikkiah A., 2005. Crude protein fractionation and fiber analysis of commercial non-forage fiber sources for ruminants in central Iran. *Iran Agricultural Research*. 23-24(1-2):52-59.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Erol, A., Kilinc, C., Kizilsimesek, M., Ozkan, C.O., and Ozkose, E., 2005. Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, Metabolizable energy and organic matter digestability of alfalfa hays. *Livestock Research for Rural Development*. 17(7). <http://cipav.org.co/lrrd17/7/cont1707.htm>
- Larbi, A., Smith, J.W., Kurdi, I.O., Adekunle, I.O., Raji, A. M., and Ladipo, D. O., 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrub during wet and dry season in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology*. 72: 81-96.
- Lowman, R.S., Theodorou, M.K., Cudeford, D., 2002. The effect of sample processing on gas production profiles obtained using the pressure transducer technique. *Animal Feed Science and Technology*. 97: 221-237.
- Marghazani, I. B., Siddiqui, M.M., Illahi, B.M. and Habib, G., 1999. Nitrogen retention and digestibility in sheep given a basal diet of sorghum hay supplemented with protein of varying degradability, *Sarhad Journal of Agriculture*. 15: 381-386.
- McDougall, E. L., 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J*. 43: 99-106.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*. 93: 217-222.
- Menke, K.H. and Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28: 7-55.
- Ørskov E.R., 1988. The feed value of by-products and wastes. *World animal science*. B4. Feed Sci. Elsevier scientific publishing company INC
- Patil, N.V., Harjit, K. and Kaur, H., 1998. Rate and extent of dry matter and protein degradability of concentrate ingredients in goats. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 15: 255-259.
- Paya, H., Taghizadeh, a., Jonmohammadi, H., and Moghaddam, G. H., 2007. Nutrient digestibility and gas production of some tropical feeds used ruminant diet estimated by the in vivo and in vitro gas production techniques. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2(4): 108-113.
- Peterson C.J., Johnson V.A. and Mattern P.J., 1983. Evaluation of variation in mineral element concentrations in wheat flour and bran of different cultivars. *Cer. Chem*. 60: 450-455.
- SAS Institute Inc., 2000. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Van Soest, P.J., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.