Journal of Saffron Research
Vol. 3, No. 2, Fall & Winter, 2015-2016

نشریه پژوهش‌های زعفران
جلد ۳ شماره ۲ پاییز و زمستان ۱۳۹۴

اثر قارچ *پلوروتوس فلوریدا* بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز بقایای علوفه‌ای زعفران

وحید کاردان مقدم[۱]، محمد حسن فتحی نسری[۲*]، محمد علی بهدانی[۳] و حمید کاردان مقدم[۴]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۴- دانشجوی دکتری منابع آب، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
*- نویسنده مسئول: E-mail: hfathi@birjand.ac.ir

کاردان مقدم، و.، فتحی نسری، م.ح.، بهدانی، م.ع.، و کاردان مقدم، ح.، ۱۳۹۴. اثر قارچ *پلوروتوس فلوریدا* بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز بقایای علوفه‌ای زعفران. نشریه پژوهش‌های زعفران. ۳(۲): ۱۸۷-۱۷۵.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۳

چکیده

با توجه به سطح زیر کشت و میزان تولید زعفران در کشور و به ویژه در استان‌های خراسان و نیاز روز افزون به تولید علوفه، استفاده بهینه از بقایای علوفه‌ای این گیاه می‌تواند نقش مهمی در تأمین بخشی از نیاز علوفه دام‌ها در این استان‌ها داشته باشد. تحقیق حاضر به منظور تعیین ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ صدفی *پلوروتوس فلوریدا* به روش‌های درون کیسه-ای و آزمون تولید گاز در آزمایشگاه تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با ۲ تیمار و بر مبنای آزمون مقایسه دو میانگین (تی- استیودنت) انجام شد. به این منظور، بقایای علوفه‌ای زعفران در اواخر مرحله رکود گیاه برداشت و با قارچ *پلوروتوس فلوریدا* عمل‌آوری گردید. نتایج بر مبنای آزمون مقایسه دو میانگین (تی- استیودنت) و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که فرآیند عمل-آوری با قارچ، موجب کاهش معنی‌دار ماده خشک، فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و افزایش معنی‌دار پروتئین خام بقایای علوفه‌ای زعفران شد (مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر نمونه‌ها قبل از عمل‌آوری به ترتیب ۹۳/۹، ۶/۶، ۴۵/۹، ۳۸/۰ و ۵/۲ درصد ماده خشک و پس از عمل‌آوری به ترتیب ۶۷/۷، ۱۴/۸، ۲۸/۲، ۲۶/۷ و ۶/۷ درصد ماده خشک بود). عمل‌آوری سبب افزایش معنی‌دار فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک در شکمبه شامل بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه شد. همچنین عمل‌آوری بقایای زعفران سبب افزایش معنی‌دار تولید گاز حاصل از بخش با پتانسیل تجزیه‌پذیری، انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. به طور کلی، به نظر می‌رسد که عمل‌آوری با قارچ صدفی *پلوروتوس فلوریدا* باعث بهبود ارزش غذایی بقایای زعفران شد.

واژه‌های کلیدی: بقایای زراعی، عمل‌آوری با قارچ، انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی

مقدمه

یکی از عمده‌ترین مشکلات در صنعت دام و طیور کشور کمبود خوراک است. آمارهای گوناگون وضعیت تولیدی دام-های کشور، نشان می‌دهد که خوراک‌های موجود از نظر کمی و کیفیت حتی با وجود واردات در حد تأمین نیازهای دام‌های کشور نمی‌باشد (Dabiri, 2008). یکی از راه‌های مؤثر در این زمینه استفاده از ضایعات زراعی و باغی به ویژه پس از عمل-آوری می‌باشد. استفاده مؤثر از این ضایعات به عنوان خوراک دام به برخی عوامل از جمله ترکیب مواد مغذی موجود در این فرآورده‌ها در مقایسه با نیازهای دام بستگی دارد (Mc Donald et al., 1995). عامل مهم دیگر، مقرون به صرفه بودن عمل‌آوری این فرآورده‌ها برای استفاده از آن به عنوان خوراک دام می‌باشد (Lonsane et al., 1985). هر سال مقدار زیادی بقایای علوفه‌ای زعفران در استان خراسان جنوبی به عنوان یکی از قطب‌های تولید زعفران، به دست می‌آید که به عنوان خوراک دام به مصرف می‌رسد، اما اطلاعاتی در زمینه ارزش غذایی و یا وجود مواد ضدتغذیه‌ای در آنها در دسترس نیست. نتایج بیلاندی و همکاران (Bilandi et al., 2007) نشان داد میانگین مصرف اختیاری ماده خشک و ماده آلی بقایای زعفران به ترتیب ۶۰۰ و ۵۲۶ گرم در روز در گوسفند و ۲۷۲ و ۲۴۰ گرم در روز در بز بود. همچنین بهترین سطح جایگزینی یونجه خشک با بقایای زعفران در جیره گوسفندان بلوچی ۳۴ درصد گزارش شد. بر اساس آخرین برآوردها، هر هکتار زعفران بین ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بقایای علوفه‌ای خشک قابل تعلیف برای تغذیه دام تولید می‌کند که با توجه به عرصه‌های گسترده کشت این گیاه در سطح استان‌های خراسان (حدود ۷۰ هزار هکتار، معادل بیش از ۹۵ درصد کل سطح زیر کشت زعفران در کشور)، می‌تواند بخش قبل ملاحظه‌ای از خوراک خشبی جیره دام‌ها را تشکیل دهد (Vadei et al., 2008). یکی از روش‌هایی که جهت افزایش ارزش غذایی خوراک دام به کار می‌رود، کشت میکروارگانیسم-های مختلف بر روی فرآورده‌های فرعی و پس ماندهای کشاورزی به منظور بهبود کمیت و کیفیت آنهاست (Madadi-Nuei, 1997).

نوع میکروارگانیسم یکی از مهمترین عوامل طی عمل‌آوری می‌باشد، زیرا با وجود میکروارگانیسم‌های لیگنوسلولولایتیک متعدد، همه آنها جهت غنی‌سازی پروتئین مناسب نمی‌باشند. علاوه بر این، ایجاد شرایط مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها نیز بایستی مورد توجه باشد (Dashti Saridorgh et al., 2009).

قارچ *پلوروتوس فلوریدا*[1] که قادر به زندگی در شرایط محیطی وسیعی است (قارچ عالی) و ترکیبات متعددی از قبیل سلولز وگلوکز را تجزیه و از آنها به عنوان منبع کربنی استفاده می-کند، سرمادوست بوده و از بهترین گونه‌های شناخته شده در بین قارچ‌های صدفی می‌باشد. گونه‌های *پلوروتوس* از جمله *فلوریدا* به دلیل سرعت رشد زیاد، قدرت زیاد ایجاد کلونی و اسپورزایی (قدرت ساپروفیتی)، توان تجزیه‌کنندگی زیاد لیگنین، تولید زیاد اندام باردهی و افزایش قابلیت هضم کاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Vandermeer et al., 1987). گزارش‌ها حاکی از آن است که عمل‌آوری کاه گندم با قارچ صدفی *پلوروتوس فلوریدا* و *پلوروتوس استراتوس* سبب کاهش لیگنین، افزایش پروتئین خام و بالا بردن قابلیت هضم شکمبه‌ای این خوراک گردیده است (Yoshida et al., 1993; Fazaeli, 2008). در پژوهشی روی کشت قارچ *پلوروتوس ساجور- کاجا* بر تفاله شیرین‌بیان، کیفیت، ارزش غذایی و گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی آن افزایش یافت (Dehghani et al., 2004). همچنین عمل‌آوری تفاله چغندرقند و تفاله مرکبات (لیمو و پرتقال) با قارچ *نوروسپوراسیتوفیلا* سبب بهبود میزان پروتئین، افزایش ضرایب هضمی و تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین شد (Dashti Nazem et al., 2008; Saridorgh et al., 2009). عمل‌آوری کاه گندم با قارچ‌های *پلوروتوس ساجور-کاجو* و *پلوروتوس پولمونا‌ریوس* نیز سبب کاهش مقدار لیگنین از ۱۱/۷ به ۵/۷ درصد و افزایش قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده خشک از ۲۹/۸ به ۵۹/۰ درصد شد (Moyson & Verachtert, 1991). البته همه قارچ‌های تجزیه‌کننده مواد لیگنوسلولزی سبب بهبود ارزش غذایی کاه‌ها نمی‌شوند و بعضی از سویه‌های قارچ ممکن است حتی اثر منفی بر ارزش غذایی آنها داشته و سبب کاهش قابلیت هضم گردند (Walli et al., ; Jalc et al., 1998; 1991; Yamakawa et al., 1992).

1- *Pleurotus florida*

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر عمل‌آوری بقایای علوفه‌ای زعفران با قارچ *پلوروتوس فلوریدا* بر ارزش غذایی، خصوصیات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز آنها بود.

مواد و روش‌ها

تجزیه شیمیایی

میزان ماده خشک (با خشک کردن نمونه‌ها در آون)، پروتئین خام (توسط دستگاه کجلدال) و خاکستر خام (با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی) طبق روش‌های استاندارد (AOAC, 2005) تعیین شد. مقدار دیواره سلولی با استفاده از محلول شوینده خنثی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با استفاده از محلول شوینده اسیدی براساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) تعیین گردید.

عمل‌آوری نمونه‌ها

مقدار ۳۰ کیلوگرم بقایای علوفه‌ای زعفران (برگ‌های بلند، باریک و سوزنی) در اواخر مرحله رکود گیاه از یک مزرعه در روستای کوچ واقع در استان خراسان جنوبی برداشت و پس از خرد کردن (به قطعات ۴-۳ سانتی‌متر) در داخل گونی‌های پلاستیکی ریخته شد و در یک مخزن فلزی حاوی آب به مدت یک شبانه روز قرار داده شد تا کاملاً خیس بخورد. روز بعد مشعل نصب شده در زیر مخزن روشن گردید تا آب داخل آن گرم شود، زمانی که دمای آب به ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید، عمل گرم کردن آب تا یک ساعت بعد ادامه یافت. سپس گونی‌های حاوی بقایای علوفه‌ای از مخزن خارج گردید و در داخل سالن کشت آویزان شد تا ضمن خنک شدن، آب اضافی خارج گردد. پس از خنک شدن کیسه‌ها، عملیات تلقیح بستر با بذر قارچ (*پلوروتوس فلوریدا*، شرکت کشت پژوهان دماوند) به نسبت چهار درصد (۴۰۰ گرم بذر به ازای ۱۰ کیلوگرم کاه مرطوب) در سالن کشت انجام گرفت و بقایای علوفه‌ای زعفران بذرپاشی شده در داخل کیسه‌های نایلونی بسته‌بندی شدند (دمای داخل سالن کشت ۵±۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد بود) (Fazaeli et al., 2002). پس از گذشت ۶۴ روز و برداشت دو چین قارچ، کیسه‌های نایلونی از سالن خارج و محتویات داخل آنها در آون خشک گردید (Zadrazil et al., 1995).

تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک

برای تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک به روش کیسه‌های نایلونی ابتدا مواد خوراکی خشک شده با آسیاب مخصوص و با غربال دو میلی‌متری آسیاب شد (Besharati & Taghizade, 2009). سپس مقدار چهار گرم از هر نمونه خوراکی داخل کیسه‌های نایلونی از جنس پلی‌استر مصنوعی به ابعاد ۱۶×۱۰ سانتی‌متر و قطر منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شد (Van Hatalo et al., 1995). برای تعین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌های حاوی نمونه به مدت ۱۵ دقیقه زیر آب شسته شدند. زمان‌های انکوباسیون صفر، دو، چهار، هشت، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بود. برای هر تیمار در هر ساعت سه تکرار تهیه شد. پس از هر ساعت انکوباسیون، کیسه‌ها از شکمبه دو راس تلیسه هلشتاین (با وزن ۱۰±۴۰۰ کیلوگرم) خارج و با آب سرد شسته شدند؛ به طوری‌که آب زلال از آنها خارج شود. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری (بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه‌پذیری) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ (SAS, 2000) برآورد گردید. از معادله (۱) برای برازش داده‌های تجزیه‌پذیری استفاده شد:

$$p=a+b(1-e^{-ct}) \quad (۱)$$

در این معادله، p: میزان تجزیه‌پذیری در زمان t (ساعت)، a: میزان تجزیه‌پذیری بخش محلول، b: میزان تجزیه‌پذیری بخش غیرمحلول قابل تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه‌پذیری، t: زمان انکوباسیون و e: عدد نپرین (۲/۷۱۸) است. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر ماده خشک (ED[۲]) با استفاده از معادله زیر و با در نظر گرفتن سرعت عبور (k) ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه گردید.

$$ED= a+\{(b\times c)/(c+k)\} \quad (۲)$$

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

اندازه‌گیری تولید گاز به روش منکه و همکاران (Menke et al., 1979) انجام شد. بر این اساس، ابتدا ۱۰±۳۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه بعد از آسیاب (با اندازه ذرات یک میلی‌متر) در داخل سرنگ‌های مخصوص قرار داده شد. برای هر نمونه سه تکرار (سرنگ) در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود یک ساعت قبل از تغذیه صبح از دو رأس تلیسه هلشتاین فیستولاگذاری شده که در سطح نگهداری تغذیه می‌شدند (جیره با نسبت علوفه به کنسانتره ۷۰ به ۳۰ و اجزای کنسانتره شامل دانه جو ۳۵ درصد، دانه ذرت ۱۸ درصد،

[2] Effective degradability

کنجاله سویا ۱۰ درصد، کنجاله کلزا ۱۵ درصد، سبوس گندم ۱۱/۵ درصد، ملاس هفت درصد، مکمل ویتامینی- معدنی ۱ درصد، پودر صدف دو درصد و نمک ۰/۵ درصد بود) جمع-آوری و صاف گردید. مایع شکمبه صاف شده و تازه و بزاق مصنوعی تهیه شده مطابق روش منکه و همکاران (Menke et al., 1979) به نسبت یک (مایع شکمبه) به دو (محیط کشت) در حالی‌که تزریق جریان گاز دی‌اکسیدکربن به داخل مخلوط تداوم داشت با هم مخلوط شدند. سی میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و محیط کشت در داخل سرنگ حاوی نمونه ریخته و سپس سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور (۱±۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. برای حذف خطای ناشی از گاز تولیدی در اثر عمل میکروارگانیسم‌های شکمبه بر روی مواد خوراکی، از سرنگ‌های شاهد (حاوی فقط ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی) استفاده شد. برای هر سه تکرار یک عدد سرنگ شاهد قرار داده شد و بر اساس آنها گاز تولیدی سرنگ‌های اصلی حاوی نمونه خوراکی تصحیح گردید. میزان گاز تولیدی در زمان‌های دو، چهار، هشت، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از قرار دادن سرنگ‌ها در انکوباتور، قرائت و ثبت گردید. حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از معادله (۳) تصحیح گردید (Menke & Steingass, 1988).

$$V=(200*(vt-vb))/W \quad (۳)$$

در این معادله، V: حجم گاز تصحیح شده (میلی‌لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه خوراک، vt: حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های حاوی نمونه خوراک (میلی‌لیتر)، vb: حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های فاقد نمونه خوراک (میلی-لیتر)، W وزن ماده خشک نمونه خوراکی (میلی‌گرم) می‌باشد. داده‌های بدست آمده از تولید گاز با استفاده از معادله (۴) برازش داده شدند (Ørskov, 1992).

$$P=b\,(1-e^{-ct}) \quad (۴)$$

در معادله مذکور، P: حجم گاز تولیدی در زمان t، b: بخش نامحلول قابل تخمیر (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک، c: ثابت نرخ تولید گاز و t: زمان انکوباسیون (ساعت) می‌باشد. قابلیت هضم ماده آلی (OMD[3])، انرژی قابل متابولیسم (ME[4]) و میزان اسیدهای چرب فرار (VFA[5]) - تیمارهای مختلف با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Menke et al., 1979; Getachew et al., 2002).

$$OMD\ (\%)=14.88 + 0.889 \times GP + 0.45 \times CP + 0.0651 \times XA \quad (۵)$$

$$ME\ (MJ.kg^{-1}\ DM) = 2.20 + 0.136 \times GP + 0.057 \times CP + 0.0029 \times CP^2 \quad (۶)$$

$$VFA\ (mmol) = -0.00425 + 0.0222\ GP \quad (۷)$$

در این معادلات، GP: تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی-گرم نمونه خوراک) پس از ۲۴ ساعت، CP: مقدار پروتئین خام (درصد ماده خشک) و XA: مقدار خاکستر خام (درصد ماده خشک) می‌باشد.

مدل آماری

تجزیه آماری داده‌ها با سه تکرار (در مورد داده‌های تجزیه-پذیری شکمبه‌ای با شش تکرار) و بر مبنای آزمون T-test برای نمونه‌های مستقل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت (SAS, 2000). همچنین برآورد ضریب همبستگی بین ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه-ای ماده خشک و پارامترهای تولید گاز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام پذیرفت. به منظور افزایش تعداد داده‌ها و از این‌رو، دقت برآورد، همبستگی بین ترکیبات شیمیایی با تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز بدون تفکیک داده‌ها از نظر تیمارهای آزمایشی برآورد گردید (Kamalak et al., 2004; Kamalak et al., 2005; Gurbuz, 2007).

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان پروتئین خام پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq۰/۰۵$)، اما افزایش اندکی در محتوای خاکستر خام ایجاد شد که معنی‌دار نبود. مقادیر فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq۰/۰۵$). دلیل افزایش درصد پروتئین خام نمونه‌ها بعد از عمل‌آوری، رشد قارچ بر روی بقایا بوده است. قارچ‌ها بیشتر

[3] Organic matter digestibility
[4] Metabolisable energy
[5] Volatile fatty acids

مواد سهل‌الهضم و لیگنوسلولزی موجود در بقایا را توسط آنزیم‌های خارج سلولی مصرف کرده و تولید انرژی، پروتئین و دی‌اکسیدکربن می‌نمایند (Shojaosadati et al., 1998). بدنه قارچ‌ها غنی از پروتئین می‌باشند، به نحوی‌که میزان آن در گروه قارچ‌های صدفی بین ۲۸-۱۷ درصد در ماده خشک گزارش شده است (Chahal et al., 1991; Ragunathan et al., 1996). بنابراین، بقایای زعفران حاصل از کشت قارچ که حاوی میسلیوم و اجزای بدنه قارچ می‌باشد، در مقایسه با بقایای اولیه، حاوی پروتئین بالاتری خواهد بود. ماده خشک نمونه‌ها پس از عمل‌آوری با قارچ کاهش یافت. دلیل کاهش ماده خشک پس از عمل‌آوری، استفاده‌ی قارچ از سوبسترا به عنوان یک ماده خوراکی می‌باشد که به دنبال تنفس قارچ، مقداری از کربن موجود در بقایا به صورت دی‌اکسیدکربن وارد محیط شده و به این‌ترتیب، پس از عمل‌آوری ماده خشک نمونه‌ها کاهش می‌یابد (Shojaosadati et al., 1998). مقادیر فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در بقایای زعفران عمل‌آوری شده کاهش یافت. از آنجا که ترکیبات هیدروکربنی ساختمانی و غیرساختمانی به عنوان منبع انرژی توسط قارچ استفاده می‌شود، لذا در اثر شکستن و مصرف این مواد، میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاهش می‌یابد (Shojaosadati et al., 1999). کاهش مقدار ترکیبات دیواره سلولی در طی فرآیند تخمیر توسط قارچ‌ها مورد تایید سایر پژوهشگران نیز قرار گرفته است به طوری که در تحقیقات انجام شده با استفاده از قارچ *پلوروتوس فلوریدا* (Fazaeli, 2008)، *پلوروتوس استراتوس* (Valizadeh et al., 2008) و *نوروسپورا سیتوفیلا* (Dashti Saridorgh et al., 2009; Nazem et al., 2008) نیز مقادیر فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاهش و مقدار پروتئین خام افزایش یافته است. براساس گزارش انجام شده، کاهش مقادیر اجزای دیواره سلولی در طی تولید قارچ می‌تواند ناشی از توانایی قارچ‌ها در ترشح آنزیم‌های هیدرولیز-کننده و اکسیدکننده باشد که می‌تواند ترکیبات سخت گیاه را به ترکیبات قابل استفاده تبدیل کند (Albores et al., 2006). با این‌حال، در تحقیقی توسط سرا و همکاران (Scerra et al., 2000) برای تفاله‌های لیمو و پرتقال درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی افزایش یافت که دلیل آن احتمالاً تفاوت در نوع قارچ برای عمل‌آوری نمونه‌ها (قارچ *پنی‌سیلیوم روکفورتی*) بوده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا* (درصد ماده خشک)

Table 1- Chemical composition of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi (% of dry matter)

ماده مغذی Nutrient	عمل‌آوری نشده Untreated	عمل‌آوری شده Treated	خطای استاندارد میانگین Standard error of mean	سطح معنی‌داری Significance level
ماده خشک Dry matter	93.97 ^{a} ±(1.10)*	67.69^{b} ±(1.68)	2.01	0.0002
پروتئین خام Crude protein	6.63 ^{b} ± (0.07)	14.85 ^{a} ±(0.59)	0.59	0.0002
خاکستر خام Ash	5.23 ^{b} ±(0.62)	6.71 ^{a} ±(0.18)	0.64	0.08
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	45.90 ^{a} ±(0.62)	28.23 ^{b} ±(1.05)	1.22	0.0001
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	38.01 ^{a} ±(1.81)	26.67 ^{b} ±(0.27)	1.83	0.003

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار میانگین‌هاست.

* The values in parentheses are the standard deviation for means.

$^{a, b}$حروف غیریکسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری بین میانگین‌ها است.

$^{a, b}$ Values with different superscripts within rows indicate significant differences.

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک

نتایج مربوط به تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک نمونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

پس از عمل‌آوری بقایای علوفه‌ای زعفران با قارچ *پلوروتوس فلوریدا*، بخش‌های سریع تجزیه و کند تجزیه و همچنین ثابت نرخ تجزیه افزایش معنی‌داری یافت. علت افزایش این بخش‌ها احتمالاً آن است که بقایای علوفه‌ای زعفران حاوی مقدار زیادی الیاف خام و ترکیبات غیرمحلول است که در حین فرآیند عمل‌آوری با قارچ این ترکیبات تحت تأثیر سیستم آنزیمی قارچ تجزیه شده و به مواد قابل حل تبدیل می‌گردند و لذا بخش‌های محلول و تجزیه‌پذیر ماده خشک پس از عمل-آوری افزایش می‌یابد.

تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک بقایای علوفه‌ای زعفران عمل-آوری شده در تمام سطوح نرخ عبور (۲، ۵ و ۸ درصد بر ساعت) بیشتر از بقایای زعفران عمل‌آوری نشده بود. در واقع، وجود مقدار کمتر دیواره سلولی در بقایای زعفران عمل‌آوری شده و از سوی دیگر، افزایش مواد محلول در آب پس از عمل-آوری باعث شده که میکروارگانیسم‌های شکمبه دسترسی بیشتری به منابع انرژی داشته باشند و مواد غذایی را با راندمان بیشتری تجزیه کنند. لذا درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک بعد از عمل‌آوری بقایای زعفران افزایش یافته است. نتایج بدست آمده با یافته‌های ناظم و همکاران (Nazem et al., 2008) و دشتی ساریدورق و همکاران (Dashti Saridorgh et al., 2009) به ترتیب برای تفاله مرکبات و تفاله چغندرقند مطابقت دارد.

در جدول ۳ همبستگی بین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در هر یک از زمان‌های انکوباسیون و ترکیبات شیمیایی نمونه‌ها گزارش شده است.

همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، همبستگی معنی-داری بین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در زمان‌های مختلف انکوباسیون و نیز فراسنجه‌های مربوطه با ترکیب شیمیایی وجود داشت. ناپدید شدن ماده خشک در تمامی زمان‌های انکوباسیون و نیز فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری (بخش سریع تجزیه، بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه) همبستگی منفی با فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و همبستگی مثبتی با پروتئین خام داشت. عبدالرزاق و همکاران (Abdulrazak et al., 2000) گزارش نمودند که بین فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی با ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای گونه‌های مختلف آکاسیا همبستگی منفی وجود داشت که با نتایج فوق مطابقت دارد. تولرا و همکاران (Tolera et al., 1997) گزارش نمودند که ناپدید شدن ماده خشک در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون همبستگی مثبتی با میزان پروتئین خام داشت که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

جدول ۲- ناپدیدشدن ماده خشک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا*

Table 2- Ruminal DM disappearance and degradability parameters of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi

عمل‌آوری Treatment	نسبت ناپدیدشدن Disappearance rate								
	زمان انکوباسیون (ساعت)* Incubation time (h)								
	0	2	4	8	16	24	48	72	96
عمل‌آوری نشده Untreated	32 b (±1.02)	35.3 b (±0.87)	38.3 b (±0/99)	43.0 b (±1.54)	50.5 b (±1.48)	57.7 b (±0.27)	65.0 b (±1.76)	68.5 b (±1.07)	70.1 b (±1.32)
عمل‌آوری شده Treated	a40.1 (±0.25)	a44.5 (±0.71)	a50.8 (±0.74)	a57.2 (±0.99)	a65.2 (±1.06)	a73.4 (±1.06)	a80.7 (±0.62)	a81.7 (±0.99)	a82.2 (±0.60)
خطای استاندارد میانگین Standard error of	1.05	1.13	1.24	1.80	1.82	1.09	1.87	1.46	1.45

mean									
سطح معنی‌داری Significance level	0.0016	0.0012	0.0005	0.0014	0.0013	0.0001	0.0014	0.0008	0.0014
	فراسنجه parameter				تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک (درصد) Effective dry matter degradability (%)				
	بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degradable fraction (%)	بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degradable fraction (%)	ثابت نرخ تجزیه (در ساعت) Rate of degradation of fraction b (h^{-1})	ثابت نرخ عبور (در ساعت) Constant passage rate (h^{-1})					
				0/02	0//05	0/08			
عمل‌آوری نشده Untreated	32.0 b (±0.6)	39.2 b (±0.54)	0.043 b (±0.005)	58.5 b (±0.4)	49.9 b (±0.45)	45.5 b (±0.39)			
عمل‌آوری شده Treated	40.3 a (±0.4)	42.1 a (±0.31)	0.062 a (±0.002)	72.1 a (±0.83)	63.6 a (±0.85)	58.7 a (±0.81)			
خطای استاندارد میانگین Standard Error of Mean	0.72	0.62	0.0056	0.92	0.96	0.90			
سطح معنی‌داری Significance level.	0.0003	0.01	0.03	0.0001	0.0001	0.0001			

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار میانگین‌هاست.

* The values in parentheses are the standard deviation for means.

a, b حروف غیریکسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری بین میانگین‌ها است.

a, b Values with different superscripts within rows indicate significant differences.

جدول ۳- همبستگی بین ترکیبات شیمیایی با فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا*

Table 3- Correlation between chemical composition with ruminal dry matter degradability parameters of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi

زمان‌های انکوباسیون Incubation times	پروتئین خام Crude protein	فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	خاکستر خام Ash
0	0.96**	-0.94**	-0.85*	0.87*
2	0.95**	-0.95**	-0.93**	0.65 ns
4	0.96**	-0.97**	-0.94**	0.66 ns
8	0.97**	-0.97**	-0.94**	0.73 ns
16	0.96**	-0.97**	-0.98***	0.58 ns
24	0.98***	-0.98***	-0.95**	0.70 ns
48	0.95**	-0.96**	-0.93**	0.64 ns
72	0.97**	-0.96**	-0.92**	0.77 ns
96	0.95**	-0.95**	-0.89*	0.73 ns
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degradable fraction (%)	0.97**	-0.96**	-0.90*	0.80 ns
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degradable fraction (%)	0.91*	-0.89*	-0.79*	0.76 ns
ثابت نرخ تجزیه (در ساعت) Rate constant of degradation (h-1)	0.87*	-0.89*	-0.97**	0.35 ns

ns، *، ** و ***: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

ns, *, ** and *** are non- significant and significant at 0.05, 0.01 and 0.001 probability levels, respectively.

تولید گاز

مقدار گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) طی ساعات مختلف انکوباسیون و فراسنجه‌های مربوطه در جدول ۴ نشان داده شده است. عمل‌آوری بقایای علوفه‌ای زعفران سبب افزایش میزان گاز تولیدی شد. افزایش در میزان گاز تولیدی در اثر عمل‌آوری را می‌توان مربوط به کاهش مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و افزایش مقدار کربوهیدرات‌های غیرفیبری دانست. نورتون (Norton, 2003) گزارش کرد که مواد خوراکی باید حداقل حاوی ۱۰ درصد پروتئین خام باشند تا فعالیت میکروبی در شکمبه مطلوب باشد. بنابراین، مواد خوراکی با کمتر از ۱۰ درصد پروتئین خام سبب کاهش فعالیت میکروبی در شکمبه و در نتیجه منجر به کاهش تولید گاز می‌شوند. منکه و استینگاس (Menke & Steingas, 1988) گزارش نمودند وقتی از روش تولید گاز برای تعیین خصوصیات هضمی مواد خوراکی استفاده می‌شود فرض بر این است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی خوراک قرار نمی‌گیرد، اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است بر نرخ تخمیر اثر بگذارد. تولید گاز حاصل از پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات نسبتاً اندک است. همچنین سهم چربی نیز در تولید گاز قابل صرف نظر می‌باشد (Wolin, 1960). احتمالاً یکی از علل کمتر بودن میزان گاز تولیدی بقایای زعفران عمل‌آوری نشده در مقایسه با عمل‌آوری شده به پایین بودن میزان پروتئین خام و بالاتر بودن میزان دیواره سلولی آن برمی‌گردد. بالاتر بودن میزان گاز تولیدی بقایای زعفران عمل‌آوری شده در تمام زمان‌های انکوباسیون ناشی از کمتر بودن میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی آن و همچنین تشکیل کلونی و افزایش هضم دیواره سلولی به سبب تأثیر قارچ برمی‌گردد. میزان اسیدهای چرب فرار، انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده (به ترتیب، ۱/۴۹ میلی‌مول، ۱۲/۲ مگاژول در کیلوگرم و ۸۱/۷ درصد) به طور معنی‌داری از بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری نشده (به ترتیب با ۰/۸۹ میلی‌مول، ۰/۸ مگاژول بر کیلوگرم و ۵۳/۹ درصد) بیشتر بود (جدول ۴). افزایش این فراسنجه‌ها بیشتر به دلیل کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز و افزایش مواد محلول می‌باشد که موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه و هضم بیشتر مواد خوراکی می‌شود. این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت قارچ بر فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه و در نتیجه بر قابلیت هضم مواد خوراکی است. به طور کلی، خوراک تخمیر شده قابلیت هضم بهتری دارد که دلیل آن وجود میکروارگانیسم‌های مختلف و آنزیم‌های آنها در این نوع خوراک است (McDonald et al., 1995). به لحاظ انرژی قابل متابولیسم، بقایای عمل-آوری شده زعفران در حد ضایعات عمل‌آوری شده دیگری مانند تفاله پرتقال و لیمو قرار داشت، به طوری‌که مقدار انرژی قابل متابولیسم تفاله لیمو و پرتقال به ترتیب ۱۳/۱ و ۱۳/۶ مگاژول به ازای کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (Nazem et al., 2008). بین تولید گاز و بیشتر فراسنجه‌های تولید گاز (بخش نامحلول قابل تخمیر، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم) با فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی همبستگی منفی وجود داشت که با نتایج ندلوو و نهیرا (Ndlovu Nherera, 1997)، لاربی و همکاران (Larbi et al., 1998) و عبدالرزاق و همکاران (Abdulrazak et al., 2000) مطابقت داشت. همچنین بین تولید گاز و فراسنجه‌های تولید گاز (بخش نامحلول قابل تخمیر، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم) با پروتئین خام همبستگی مثبتی وجود داشت که با نتایج تلورا و همکاران (Tolera et al., 1997) و لاربی و همکاران (Larbi et al., 1998) مطابقت داشت. ولنتاین و همکاران (Valentin et al., 1999) بیان نمودند که تفاوت بین آزمایشات مختلف (درون تنی و برون تنی) می‌تواند به عواملی از قبیل روش کار، مواد و نوع حیوانات، تکرارها و مدل ریاضی مورد استفاده مربوط باشد. روش تولید گاز و روش کیسه‌های نایلونی از مهمترین روش‌های تعین نرخ و مقدار هضم ماده خشک هستند. روش کیسه‌های نایلونی سال‌های زیادی است که در برآورد نرخ و مقدار ناپدید شدن اجزای خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش تولید گاز نیز به عنوان روشی رایج در تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی مورد پذیرش قرار گرفته است. با این‌وجود، هر کدام محدودیت‌های خاص خود را دارند. صحت روش کیسه‌های نایلونی بالاتر از روش تولید گاز است و معیار مناسب‌تری برای تعیین مصرف خوراک و قابلیت هضم فراهم می‌کند؛ اما بدلیل تفاوت محیط

شکمبه حیوانات مورد استفاده نتایج مربوط به روش کیسه‌های نایلونی می‌تواند تغییرات زیادی داشته باشد (Khanum et al., 1993; Khazaal et al., 2007).

جدول ۴- میزان گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) و فراسنجه‌های تولید گاز بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا*

Table 4- *In vitro* gas production (ml/200mg dry matter) and estimated parameters of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi

عمل‌آوری Treatment	زمان انکوباسیون (ساعت)* Incubation time (h)*							
	2	4	8	16	24	48	72	96
عمل‌آوری نشده Untreated	8.9 b (±1.37)	17.3 b (±1.46)	26.4 b (±2.11)	38.3 b (±2.91)	40.2 b (±3.27)	48.3 b (±2.89)	50.6 b (±3.07)	51.6 b (±2.09)
عمل‌آوری شده Treated	25.2 a (±0.25)	35.1 a (±0.25)	45.5 a (±0.46)	61.2 a (±0.24)	67.2 a (±0.45)	71.0 a (±0.47)	77.9 a (±0.18)	78.8 a (±0.26)
خطای استاندارد میانگین Standard error of mean	1.39	1.48	2.16	2.92	3.30	2.93	3.07	2.09
سطح معنی‌داری Significance level	0.0003	0.0003	0.0009	0.0012	0.0012	0.0015	0.0009	0.0002

فراسنجه Parameter	عمل‌آوری Treatment: قبل از عمل‌آوری Untreated	عمل‌آوری Treatment: بعد از عمل‌آوری Treated	خطای استاندارد میانگین Standard error of mean	سطح معنی‌داری Significance level
میزان گاز تولیدی در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) Gas volume at 24 h (ml/ 200mg)	40.2 b (±3.27)	67.2 a (±0.45)	3.30	0.0012
بخش نامحلول قابل تخمیر(درصد) Iinsoluble but fermentable fraction (%)	49.8 b (±2.50)	73.9 a (±0.26)	2.51	0.0007
ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) Gas production rate constant (h^{-1})	0.091 b (±0.009)	0.138 a (±0.0013)	0.008	0.006
قابلیت هضم ماده آلی(درصد) Organic matter digestibility (%)	53.9 b (±2.95)	81.7 a (±0.61)	3.01	0.0008
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy ($MJ.kg^{-1}$ DM)	8.0 b (±0.45)	12.2 a (±0.09)	0.45	0.0008
اسید های چرب کوتاه زنجیر(میلی مول) Short-chain fatty acids (mmol)	0.89 b (±0.73)	1.49 a (±0.01)	0.07	0.0012

* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار میانگین‌هاست.

* The values in parentheses are the standard deviation for means.

a, b حروف غیریکسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری بین میانگین‌ها است.

a, b Values with different superscripts within rows indicate significant differences.

جدول ۵- همبستگی بین ترکیبات شیمیایی با فراسنجه‌های تولید گاز بقایای علوفه‌ای زعفران عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا*

Table 5- Correlation between chemical composition with in vitro gas production estimated parameters of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi

زمان‌های انکوباسیون Incubation times	پروتئین خام Crude protein	فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	خاکستر خام Ash
2	0.98***	-0.97**	-0.89*	*0.82
4	0.98***	-0.97**	-0.89*	*0.81
8	0.97**	-0.96**	-0.86*	*0.85
16	0.96**	-0.95**	-0.85*	*0.87
24	0.96**	-0.95**	-0.85*	*0.87
48	0.96**	-0.95**	-0.85*	*0.87
72	0.97**	-0.95**	-0.86*	*0.87

96	0.98***	-0.97**	-0.91*	*0.83
بخش نامحلول قابل تخمیر (درصد) Iinsoluble but fermentable fraction (%)	0.97**	-0.96**	-0.88*	*0.86
ثابت نرخ تولید گاز (در ساعت) Gas production rate constant(h^{-1})	0.93**	-0.91*	-0.82*	*0.82
قابلیت هضم ماده آلی(درصد) Organic matter digestibility (%)	0.97**	-0.96**	-0.87*	*0.86
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy ($MJ.kg^{-1}$ DM)	0.97**	-0.96**	-0.87*	*0.86

ns، *، ** و ***: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

ns, *, ** and *** are non- significant and significant at 0.05, 0.01 and 0.001 probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

عمل‌آوری بقایای علوفه‌ای زعفران بوسیله قارچ *پلوروتوس فلوریدا* باعث افزایش مقدار پروتئین خام، بهبود تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و تولید گاز آنها گردید. پیشنهاد می‌شود اثر تغذیه با بقایای عمل‌آوری شده بر عملکرد دام مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

Abdulrazak, S.A., Fujihara, T., Ondilek, J.K. Ørskov, E.R., 2000. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. Anim. Feed Sci. Technol. 85, 89-98.

AOAC, 2005. Official Method of Analysis. (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemist, Washington D.C., USA.

Albores, S., Pianzzola, M.J., Soubes, M., Cerdevias, M.P., 2006. Biodegradation of agro-industrial wastes by *Pleurotus* spp. for its use as ruminant feed. Elec. J. Biotechnol. 9(3), 1-5.

Ardon, O., Kermen, Z., and Hadar, Y., 1996. Enhancement of lacase activity in liquid cultures of the lignolytic fungus *Pleurotus ostreatus* by cotton stalks extract. J. Biotechnol. 51, 201-207.

Besharati, M., Taghizade, A., 2009. Evaluation of dried grape by-product as a tanniniferous tropical feedstuff. J. Anim. Feed Sci. Technol. 152, 198-203.

Bilandi, M.S., Vadeai, A., 2007. Economic review of saffron and its impact on farmers' income. 6th Agricultural Economic Conference. Ferdowsi University of Mashhad. November 2007. pp 16-18 [In Persian].

Chahal, D.S., Khan, S.M., Upadhyay, R.C., Vijay, B., 1991. Production of mycelial biomass of oyster mushrooms on rice straw. In: 13th Int. Congress of the Science and Cultivation of Edible Fungi. Rotterdam, The Netherlands.

Dabiri, N., 2008. Development method of animal production by using of agricultural residues and by-products of agriculture industry factories. Educational Workshop. Ferdowsi University of Mashhad. September 2008. pp. 67-69 [In Persian].

Dashti Saridorgh, M., Rouzbehan, Y., Shojaosadati, S.A., 2009. The effect of *Neuspora sitophila* fungi on chemical composition, digestibility and degradability of sugar beet pulp. Iran. J. Anim. Sci. 40, 1-12. [In Persian with English Summary].

Dehghani, M.R., Zamiri, M.J., Rowghani, E., Banihashemi, Z., 2004. Effect of pleurotus sajor-caju treatment on digestibility of *Glycyrrhiza glabra* L. pulp. JWSS- Isfahan University of Technology. 8(3), 113-120. [In Persian with English Summary].

Fazaeli, H., Jelan, Z.A., Mahmoudzadeh, H. Liang, J., Azizi, B.A., Osman, A., 2002. Effect of fungal treated wheat straw on the diet of lactating cows. Asian–Australas. J. Anim. Sci. 15(11), 1573-1578.

Fazaeli, H., 2008. Digestibility and intake of fungal-treated wheat straw in sheep and cow. JWSS-Isfahan University of Technology. 12(43), 523-531. [In Persian with English Summary].

Getachew, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2002. Tropical browses: content of phenolic compounds, in vitro gas production and

stoichiometric relationship between short chain fatty acids and *in vitro* gas production. J. Agric. Sci. 139, 341-350.

Gurbuz, Y., 2007. Determination of nutritive value of leaves of several *Vitis vinifera* varieties as a source of alternative feedstuff for sheep using *in vitro* and *in situ* measurements. Small Rum. Res. 71, 59-66.

Jalc, D., Nerund, F., Siroka, P., 1998. The effectiveness of biological treatment on wheat straw by white-rot fungi. Folica Microbiol. 43(6), 687-689.

Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Erol, A., Ozay, O., 2005. Effect of maturity stage on chemical composition, *in vitro* and *in situ* dry matter degradation of tumbleweed hay (*Gundelia tournetortii* L.). Small Rum. Res. 58, 49-156.

Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., 2004. Comparison between *in situ* dry matter degradation and *in vitro* gas production of tannin-containing leaves from four tree species. South African J. Anim. Sci. 34, 233-240.

Khanum, S.A., Yaqoob, T., Sadaf, S., Hussain, M., Jabbar, M.A., Hussain, H.N., Kausar, R., Rehman, S., 2007. Nutritional evalution of varius feedstuffs for livestock production using *in vitro* gas method. Pakistan. Vet. J. 27(3), 129-133.

Khazaal, K., Dentinho. M.T., Ribeiro, J.M., Orskov, E.R., 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vivo* and the voluntary intake of hays. Anim. Prod. 57, 105-112.

Larbi, A., Smith, J.W., Kurdi, I.O., Adekunle, I.O., Raji, A.M., Ladipo, D.O., 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in humid tropics. Anim. Feed Sci. Technol. 72, 81–96.

Lonsane, B.K., Ghildyal, N.P., Budiatman, S., Ramakrishna, S.V., 1985. Engineering aspects of solid state fermentation. Enzy. Microbiol. Technol. 7, 258-265.

Madadi-nuei, A., 1997. Enrichment of beet pulp by solid state fermentation method. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. [In Persian with English Summary].

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.-D., Morgan, C.A., 1995. Animal Nutrition (6th Ed.). USA: Longman Scientific and Technical Press.

Menke, K.H., Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28, 7-55.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J. Agric. Sci., Camb. 93, 217-222.

Moyson, E., Verachtert, H., 1991. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 36, 421-424.

Nazem, K., Rouzbehan, Y., Shojaosadati, S.A., 2008. The nutritive value of citrus pulp (lemon and orange) treated with *Neurospora sitophila*. J. Sci. Technol Agric. Natural Res. 12, 495-506. [In Persian with English Summary].

Ndlovu, L.R., Nherera, F.V., 1997. Chemical composition and relationship to *in vitro* gas production of Zimbabwean browsable indigenous tree species. Anim. Feed Sci. Technol. 69, 121–129.

Norton, B.W., 2003. The nutritive value of tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture (Ed. R.C. Gutteridge and H.M. Shelton) pp. 1-10. Available in website: http: www.fao.org.ag.agP.agpc.doc.Publicat.Gutt-shel.x5556e0j.htm

Orskov, E.R., 1992. Protein Nutrition in Ruminants (1st Ed.). United States: Academic Press, INC San Diego.

Ørskov, E.R., McDonald, P., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agric. Sci., Camb. 92, 499-503.

Ragunathan, R., Gurusamy, R., Palaniswamy, M., Swaminathan, K., 1996. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. Food Chem. 55, 139-144.

SAS, 2000. SAS Statistical Analysis Systems 2000. User's Guide. SAS Institute Incorporation, Cary, NC.

Scerra, V., Caridi, A., Foti, F., Sinatra, M.C., Caparra, P., 2000. Changes in chemical composition during the colonization of citrus pulps by a dairy *Penicillium roquefortii* strain. Bioresource Technol. 72, 197-198.

Shojaosadati, S.A., Faraidouni, R., Madadi-Nouel, A., Mohamadpour, I., 1999. Protein enrichment of lignocellulosic substrats by solid state fermentation using *Neurospora sitophila*. Res. Cons. and Recyc. 27, 73-87.

Shojaosadati, S.A., Chisti Y., Moo-young, M., 1998. Solid state fermentation of untreated leached beet pulp with *Neurospora sitophila*. Scient. Iran. 5, 133-136.

Tolera, A., Khazaal, K. Ørskov, E.R., 1997. Nutritive evaluation of some browses species. Anim. Feed Sci. Technol. 67, 181-195.

Vadei, A., Dadmand, M., Abasi, A., Faysi, R., Ali Saghi, D., 2008. A study on nutritional value of residuals in saffron farms. Fourth National Congress on Study Crop Residues. Tehran, Iran. April 2008. pp. 236-241. [In Persian].

Valentin, S.F., Williams, P.E.V., Forbes, J.M., Sauvant, D., 1999. Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short and long term processes of degradation of maize silage in dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 78, 81-99.

Valizadeh, R., Sobhanirad, S., Mojahedi, M., 2008. Chemical composition, ruminal degradability and in vitro gas production of straw wheat inoculated by *Pleurotous ostreatus* mushrooms. J. Anim. Vet. Adv. 7 (11), 1506-1510.

Vandermeer, J.M., Rijkers, B.A., Ferranti, M.P., 1987. Degredation of Lignocellulosice in Ruminants and in Industrial Processes. Elsevier Applied Science. New York. USA.

Van Hatalo, A., Aronen, I., Varvikko, T., 1995. Intestinal nitrogen digestibility of heat-moisture treated means as assessed by the mobile bag method in cows. Anim. Feed Sci. Technol. 55, 139-152.

Van Soest, P.J., Robertson, J.D. Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.

Walli, T.K., Rai, S.N., Gupta, B.N., Kishan, S., 1991. Influence of fungal treated and urea treated wheat straw on nutrient utilization in calves. Ind. J. Anim. Nutr. 8 (3), 227-230.

Wolin, M.J, 1960. A theoretical rumen fermentation balance. J. Dairy Sci. 43, 1452-1459.

Yamakawa, M., Abe, H., and Okamoto, M., 1992. Effect of incubation with edible mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on voluntary intake and digestibility of rice straw by sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 63, 133-138.

Yoshida, N., Takahashi, T., Nagao, T., Chen. J., 1993. Effect of edible mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation on *in vitro* digestibility of wheat straw and sawdust substrate. Japanese J. Grass. Sci. 39, 177-182.

Zadrazil, F., Puniya, A.K., Singh, K., 1995. Pilot scale reactor for biological treatment of lignocelluosis for animal feed production. Ind. J. Dairy Sci. 48(2), 110-117.

Effect of *Pleurotus florida* fungi on chemical composition, ruminal degradability and gas production of saffron foliage residues

Vahid Kardan Moghaddam[1], Mohamad Hasan Fathi Nasri[2*], Mohammad Ali Behdani[3] and Hamid Kardan Moghaddam[4]

1- PhD student in Animal Nutrition, Department of Animal science, Zabol University
2- Associate Professor, Department of Animal science, University of Birjand
3- Asociate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand
4- PhD student in Water Resource Engineering, Department of Water Engineering, Tehran University
*- Corresponding author E-mail: hfathi@birjand.ac.ir

Kardan Moghaddam, V., Fathi Nasri, M.H., Behdani, M.A., and Kardan Moghaddam, H., 2015. Effect of *Pleurotus florida* fungi on chemical composition, ruminal degradability and gas production of saffron foliage residues. Journal of Saffron Research. 3(2): 175-187.

Submitted: 15-11-2014
Accepted: 22-02-2015

Abstract

Regarding the high amount of saffron production in Iran and especially in South Khorasan province and increasing need to forage production, optimum usage of saffron foliage residues could play an important role in the supply of partial forage needed for livestock in this province. This study was carried out to determine the chemical composition and ruminal dry matter (DM) degradability of saffron foliage residues treated with *Pleurotus florida* fungi using *in situ* and gas production techniques in Animal Nutrition Laboratory of University of Birjand with two treatment and based on t-test statistical analysis. For this, saffron foliage residues were harvested at late vegetation growth stage and treated with *Pleurotus florida* fungi. The results showed that treated saffron foliage residues contained lower content of DM, NDF and ADF, but higher CP than untreated residues (the DM, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and ash content of untreated residues were 93.9, 6.6, 45.9, 38.0 and 5.2% of DM, and of treated residues were 67.7, 14.8, 28.2, 26.7 and 6.7% of DM, respectively). The DM ruminal degradability parameters of residues were significantly increased by Fungi treating. Treating of saffron residues also increased their gas production from DM potentially fermentable fraction (b), metabolisable energy, organic matter digestibility, and short chain fatty acids content. Treating saffron residues with *Pleurotus florida* improved their nutritional value.

Keywords: Crop residues, Fungi treatment, Metabolisable energy, Organic matter digestibility