

اثر کشت دو قارچ *Pleurotus ulmarius* و *Phanerochaete chrysosporium*

بر ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری خاک اره توسکا به عنوان خوراک دام

- مهناز بیات (نویسنده مسئول)
کارشناس ارشد تغذیه دام، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
 - فرزاد میرزایی آقچه قشلاق
استادیار گروه علوم دامی دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
 - معراج شری
استادیار گروه علوم صنایع چوب و کاغذ دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
 - جمال سیف دواتی
استادیار گروه علوم دامی دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.
 - مهدی روحانی
استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه سلولزی و بسته بندی، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران.
- تاریخ دریافت: دی ۹۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۹۲
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۶۴۹۱۳۲۶۹
Email: Bayat.mz@gmail.com

چکیده

در این پژوهش اثر کشت دو گونه قارچ *Pleurotus ulmarius* و *Phanerochaete chrysosporium* بر ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری خاک اره چوب توسکا مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های خاک اره پس از کشت با مایه قارچ به مدت ۷ و ۱۷ روز در 30 ± 1 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ گرمخانه گذاری شدند. پس از آن، نمونه ها خشک گردیده و ترکیب شیمیایی آن ها تعیین شد. تجزیه پذیری با روش کیسه های نایلونی و با استفاده از دو رأس قوچ نژاد مغانی دارای فیستولای شکمبه ای انجام شد. نتایج نشان داد که غلظت دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی سلولز، خاکستر، هم چنین تجزیه پذیری ماده خشک، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی سلولز و ماده آلی و فراسنجه های تجزیه پذیری شامل: بخش محلول (a)، بخش نامحلول (b)، نرخ ثابت تجزیه پذیری (c) و تجزیه پذیری موثر (ED) تحت تاثیر عمل آوری بیولوژیکی قرار گرفت ($P < 0.05$). مقادیر، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی سلولز کاهش و فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک و دیواره سلولی افزایش یافت ($P < 0.01$). اثر مدت زمان (روز) بر فرآوری قارچی معنی دار بوده ($P < 0.05$)، به طوری که بیشترین مقادیر بخش محلول و نامحلول ماده خشک در روز ۱۷ عمل آوری و کمترین مقادیر آن ها در نمونه شاهد مشاهده شد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 105 pp: 81-92

Effect of two fungui (*Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus ulmarius*) on chemical composition and Degradability of *Alnus subcordata* saw dust as ruminant feed

By: 1: Mahnaz bayat, Master of animal Nutrition of Department of Agricultural sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Islamic Republic of Iran *Corresponding author. , Bayat.mz@gmail.com, Tel.: +989388564360. 2: Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, professor assistant of Department of animal science, Faculty of Agricultural sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Islamic Republic of Iran. 3: Mearaj sharari, professor assistant of Department of Wood and Paper Scinces and Technologi, Faculty of Agricultural Technology and Natural Recourses, University of Mohaghegh Ardabili, Islamic Republic of Iran. 4: Jamal seifdavati, professor assistant of Department of animal science, Faculty of Agricultural sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Islamic Republic of Iran. 5: Mehdi Roohani, Assistant Professor, Department of Paper and Packaging, Faculty of Chemistry and Petrochemical Engineering, Standard Research Institute (SRI) , Karaj, Iran.

Received: January 2014

Accepted: February 2014

This study was carried out to determine the chemical composition and degradability parameters of DM, ADF and NDF in *Alnus subcordata* saw dust (SD) biodegraded by *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus ulmarius* fungi. The SD samples were incubated by the fungi at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ and $65 \pm 5\%$ relative humidity for 7 and 17 days. Biodegraded samples were sterilized to constant activity and oven dried for chemical composition and rumen degradability using of two ruminal cannulated Moghani male sheep, For this purpose. Results showed that, biological treatments decreased the NDF, ADF and Ash contents of the substrate. The rumen degradability of DM, ADF and NDF as well as soluble fraction (a), non soluble but degradable (b) fraction, degradability rate (C) and effective degradability (ED) in different times of biodegradation were increased ($P < 0.05$) as a result of biological treatments. Period of biological treatment had significant effect on the biodegradability rate as the highest amount of biodegradability was found at 17 days of incubation where the lowest values were in control samples.

Key words: Sawdust of Alder, Biodegradability.

مقدمه

1986). نتایج امیدوارکننده‌ای توسط روش‌های زیستی عمل-آوری سلولز، بخصوص با استفاده از قارچ‌ها برای تجزیه لیگنین به‌دست آمده است (Fazaeli et al., 1999; 2004; 2006). حسین نیا و پازوکی (۱۳۸۷). در بین قارچ‌ها، گروه قارچ‌های پوسیدگی سفید متعلق به راسته بازیدیومیست‌ها، دارای توانایی زیادی جهت تجزیه و مصرف لیگنین و ترکیب‌های دیواره سلولی هستند (Albores et al., 2006, Fazaeli et al., 2006). (and Kalmis et al., 2006).

اخیرا استفاده از این قارچ‌ها با توجه به توان لیگنین زدایی آن‌ها مورد توجه متخصصین تغذیه دام قرار گرفته است (Fazaeli et al., 1999; 2004; 2006, Akinfemi et al., 2009; 2010 and Singh and Singh., 2005). اثر کشت قارچ *Phanerochaete chrysosporium* بر ارزش غذایی باگاس نیشکر توسط محققین بررسی و کاهش اجزای دیواره سلولی

کاه غلات و ضایعات حاصل از صنایع چوب از مهمترین بیوماس در بین ترکیبات لیگنوسلولزی می باشند. لیکن استفاده از آنها به منظور خوراک دام به دلیل ارزش غذایی کم و میزان نیتروژن پایین آنها محدود می باشد (Adamovic et al., 1998 and Fazaeli et al., 2004). در حدود ۲۰ درصد از چوب در صنایع چوب به ضایعاتی نظیر خاک اره تبدیل می شود. این ترکیبات منابعی غنی از هیدروکربن‌ها نظیر همی سلولز، سلولز در پیوند با لیگنین هستند (Adamovic et al., 1998 and Fazaeli et al., 2006). این پیوند قابلیت هضم و دسترسی به مواد مغذی آنها را کاهش داده است (فضایی و همکاران ۱۳۸۷ و بابایی و همکاران ۱۳۸۹).

محققین چوب را به عنوان غذای نشخوارکنندگان با ارزش تغذیه‌ای پایین ارزیابی کرده و اذعان داشته اند که با عمل آوری می‌توان ارزش غذایی آن را بهبود بخشید (Baertsche et al.,

کشت مایع قارچ و افزودنی های مغذی

از میسلیم های ۱۰ روزه رشد کرده در محیط کشت جامد، در شرایط آزمایشگاهی کاملاً استریل برای تلقیح محیط های کشت مایع استفاده شد. برای دستیابی به حداکثر رشد و تکثیر قارچ *Phanerochaete chrysosporium*، از محیط کشت مایع حاوی افزودنی های زیر به ازای یک لیتر استفاده شد: پیتون ۵ گرم به عنوان منبع نیتروژن، گلوکز ۱۰ گرم به عنوان منبع کربن و مواد معدنی جهت رشد قارچ شامل، $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ۰/۵ گرم، NH_4Cl ۰/۱ گرم، K_2HPO_4 ۰/۵ گرم، $FeSO_4$ ۰/۵ گرم، $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ۰/۱ گرم و KH_2PO_4 ۲ گرم. سپس ۵۰ میلی لیتر از این مایع را درون ارلن های ۵۰۰ ریخته و برای جلوگیری از رشد سایر میکروارگانیسم ها محلول فوق در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار ۱۵ Psi به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید. درون هر ارلن یک لوپ میسلیم تلقیح شد و در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ روز در انکوباتور نگهداری شدند (شرری و همکاران ۲۰۱۱) و برای قارچ *Pleurotus ulmarius*، از محیط کشت مایع حاوی افزودنی های زیر به ازای یک لیتر استفاده شد: عصاره مخمر ۵ گرم به عنوان منبع نیتروژن، گلوکز ۱۰ گرم به عنوان منبع کربن و مواد معدنی جهت رشد قارچ شامل، $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ۰/۱۵ گرم، KH_2PO_4 ۰/۲۵ گرم، $CaCl_2$ ۰/۰۵ گرم، $(NH_4)_2HPO_4$ ۰/۲۵ گرم، $FeCl_3$ ۱٪ به میزان ۱/۳ میلی لیتر (صفره و بهنامیان ۱۳۹۰).

تلقیح قارچ و عمل آوری

نمونه های خاک اره در معرض هوا خشک شده و پس از توزین، درون کیسه های پلاستیکی مخصوص اتوکلاو قرار داده شده و پس از آغشته سازی با مایع مغذی، ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار ۱۵ Psi به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردیدند. میسلیم ها از محیط کشت مایع جمع آوری و مخلوط همگنی تهیه و روی خرده های چوب استریل، پاشیده شدند به طوری که خرده ها به خوبی آغشته شوند (مقدار میسلیم نسبت به جمع خاک اره ۱٪). نمونه ها به مدت ۱۷ روز درون ژرمیناتور با دمای ۳۰ درجه و رطوبت ۶۵٪ قرار گرفته و

گزارش گردیده است (فضالی و همکاران ۱۳۹۱). بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان بهبود بیولوژیکی ارزش غذایی ضایعات چوب به منظور استفاده در تغذیه دام در جهت کاهش هزینه های تولیدات دامی صورت گرفت.

مواد و روش کار

تهیه خاک اره

در این پژوهش، سوبسترای مورد آزمایش (خاک اره توسکا) از چوب بری های واقع در شهر اسالم استان گیلان تهیه گردید که پس از هوا دادن و خشک کردن در محیط آزمایشگاه و نیز غربال کردن با الک آزمایشگاهی با مش ۰/۸، نمونه مورد آزمایش به صورت همگن و یکنواخت از آن انتخاب شد. میسلیم قارچ های پوسیدگی سفید *Phanerochaete chrysosporium* و *Pleurotus ulmarius* پس از تکثیر از طریق کشت مایع و اضافه شدن به خاک اره، در طول دوره گرمخانه گذاری روی خاک اره ها رشد نموده و فرآورده حاصل جهت آزمایش های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

کشت جامد قارچ

قارچ *Phanerochaete chrysosporium* از سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران و قارچ *Pleurotus ulmarius* از آزمایشگاه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه گردید. به منظور تکثیر قارچ در شرایط کاملاً استریل به هر کشت آگار دکستروز سیب زمینی Potato Dextro Agar (PDA)، یک لوپ میسلیم قارچ تلقیح شد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ روز قرار داده شد. پس از آن کشت های تهیه شده جهت نگهداری و استفاده های بعدی در دمای ۴ درجه سانتیگراد درون یخچال قرار داده شدند. عمل کشت قارچ، زیر هود استریل کننده هوا (FASTER - BHA 48) انجام شده و پتری دیش ها تحت شرایط استریل نگهداری شده تا توده میسلیم قارچ رشد کند (شرری و همکاران ۲۰۱۱).

در این رابطه؛ a بخش تجزیه پذیر سریع (./)، b بخش تجزیه پذیر آهسته (./)، c نرخ تجزیه پذیری (درصد در ساعت) و P تجزیه-پذیری در واحد زمان (t) می‌باشد. همچنین با بکاربردن رابطه ۲ میزان تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز و ماده آلی با نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت محاسبه گردید.

$$ERD = a + bc/(c+k)$$

رابطه ۲

تجزیه‌پذیری و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری برای ماده خشک، ماده آلی، دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی سلولز اندازه‌گیری شد. داده‌های بدست آمده به صورت فاکتوریل (۲×۳) شامل دو نوع قارچ و سه زمان عمل آوری و در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD)^۲ تجزیه و تحلیل گردید. تجزیه آماری بوسیله نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه مدل عمومی خطی^۳ انجام شد. برای مقایسه میانگین از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT)^۴ در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + S_j + (L.S)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

بود که در این مدل؛ μ میانگین کل، L_i اثر قارچ (i=۱، ۲)، S_j اثر مدت زمان عمل آوری (j=۱، ۲، ۳)، $(L.S)_{ij}$ اثر متقابل قارچ و عمل آوری، ε_{ijk} عوامل کنترل نشده می‌باشد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک اره توسکا قبل و بعد از عمل آوری با دو قارچ *Phanerochaete chrysosporium* و *Pleurotus ulmarius* در جدول ۱ نشان داده شده است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که عمل آوری با قارچ، درصد ماده خشک، دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی سلولز را به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد خاکستر خام و چربی خام را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بر اساس نتایج حاضر نوع قارچ اثر معنی‌داری بر ترکیب شیمیایی خاک اره توسکا نشان داد ($P < 0.01$).

در روز ۷ و ۱۷ جهت بررسی ترکیب شیمیایی برداشت و جهت توقف رشد قارچ پس از استریل سازی در یخچال ذخیره گردیدند. ماده خشک، چربی خام و خاکستر خام نمونه‌ها به روش (۲۰۰۰) AOAC و NDF و ADF (Van Soest) و همکاران، (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد.

تعیین تجزیه پذیری شکمبه ای نمونه ها

این مرحله با استفاده از دو رأس گوسفند نر بالغ نژاد مغانی (با وزن بدن 2 ± 55 کیلوگرم) دارای فیستولای شکمبه‌ای در ایستگاه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. خوراک مصرفی حیوانات مورد آزمایش شامل یونجه خرد شده و دانه جو و مکمل معدنی-ویتامینه بود که طبق روش پیشنهادی (AFRC, 1992) بر اساس وزن متابولیکی و به میزان ۱۰ درصد بالاتر از حد نگهداری (روزانه، 20 ± 810 گرم به ازای هر راس) طی دو وعده صبح و عصر در اختیار حیوانات قرار می‌گرفت و آب نیز به صورت آزاد در دسترس حیوانات بود (AFRC, 1992). از خاک اره فرآوری شده با قارچ (روزهای ۷ و ۱۷)، مقدار ۳ گرم نمونه خشک عمل آوری شده در زمان‌های صفر، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در سه تکرار (سه کیسه نایلونی با ابعاد 10×5 سانتی متر و با قطر منفذ ۴۵ تا ۵۰ میکرون) برای هر زمان، در شکمبه هر گوسفند انکوباسیون گردید. پس از طی زمان‌های انکوباسیون، کیسه‌های حاوی نمونه از شکمبه خارج و پس از شستشو در ماشین لباس شویی با آب سرد به مدت بیست دقیقه، در آن ۶۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند (Cottrill and Evans, 1984).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

میزان ناپدید شدن مواد در واحد زمان و همچنین فراسنجه‌های a، b، c و PD با استفاده از رابطه ۱ (رابطه غیرخطی Ørskov and Fitcurve (McDonald, 1997) و با استفاده از نرم افزار محاسبه گردید.

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

رابطه ۱

جدول ۱- ترکیب شیمیایی خاک اره چوب توسکا قبل و بعد از عمل آوری (درصد)

OM	ASH	EE	ADF	NDF	DM	نوع
۹۹/۶۳ ^a	۰/۲۰ ^d	۰/۴۱ ^c	۷۲/۲۰ ^a	۹۱/۷۲ ^a	۹۵/۷۳ ^a	عمل آوری نشده با قارچ ۱
۹۹/۵۳ ^b	۰/۳۲ ^b	۰/۵۱ ^{bc}	۶۸/۹۶ ^c	۸۸/۱۹ ^c	۸۹/۶۸ ^b	عمل آوری شده با قارچ ۱
۹۹/۵۲ ^b	۰/۳۷ ^a	۰/۵۶ ^{ab}	۶۷/۹۷ ^{cd}	۸۷/۷۷ ^{cd}	۸۷/۶۷ ^c	عمل آوری شده با قارچ ۱
۹۹/۶۳ ^a	۰/۲۰ ^d	۰/۴۱ ^c	۷۲/۲۰ ^a	۹۱/۷۲ ^a	۹۵/۷۳ ^a	عمل آوری نشده با قارچ ۲
۹۹/۵۷ ^{ab}	۰/۲۴ ^{cd}	۰/۶۳ ^{ab}	۶۹/۵۷ ^b	۸۹/۴۷ ^b	۸۹/۴۹ ^b	عمل آوری شده با قارچ ۲
۹۹/۵۵ ^{ab}	۰/۲۷ ^{bc}	۰/۶۷ ^a	۶۸/۰۵ ^d	۸۷/۳۸ ^d	۸۶/۵۸ ^d	عمل آوری شده با قارچ ۲
۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۹	۰/۵۳	۰/۲۴	۰/۳۲	خطای معیار
*	**	**	**	**	**	قارچ
n.s	*	**	*	**	**	زمان عمل آوری
n.s	n.s	n.s	n.s	**	n.s	زمان عمل آوری × قارچ

DM: ماده خشک، NDF: دیواره سلولی، ADF: دیواره سلولی منهای همی سلولز، EE: عصاره اتری، ASH: خاکستر، OM: ماده آلی، قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium*، قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین ها می باشد ($P < 0.05$).
* نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.

در جدول ۲ میزان تجزیه پذیری ماده خشک خاک اره توسکا در زمان های مختلف آنکوباسیون با استفاده از کیسه های نایلونی گزارش شده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان عمل آوری خاک اره، تجزیه پذیری ماده خشک نیز افزایش یافت. بیشترین مقدار تجزیه پذیری در ساعات مختلف مربوط به قارچ و مقدار تجزیه پذیری در ساعات مختلف مربوط به قارچ بود. کمترین میزان آن مربوط به خاک اره عمل آوری نشده (گروه شاهد) بود. اثر قارچ و عمل آوری بر تجزیه پذیری ماده خشک معنی دار بود ($P < 0.01$).

در جدول ۲ میزان تجزیه پذیری ماده خشک خاک اره توسکا در زمان های مختلف آنکوباسیون با استفاده از کیسه های نایلونی گزارش شده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان عمل آوری خاک اره، تجزیه پذیری ماده خشک نیز افزایش یافت. بیشترین مقدار تجزیه پذیری در ساعات مختلف مربوط به قارچ و مقدار تجزیه پذیری در ساعات مختلف مربوط به قارچ بود. کمترین میزان آن مربوط به خاک اره عمل آوری نشده (گروه شاهد) بود. اثر قارچ و عمل آوری بر تجزیه پذیری ماده خشک معنی دار بود ($P < 0.01$).

جدول ۲- تجزیه پذیری ماده خشک خاک اره توسکا در زمان های مختلف آنکوباسیون با استفاده از روش کیسه های نایلونی (درصد)

زمان های آنکوباسیون در شکمبه (ساعت)	صفر	۲	۸	۱۶	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
عمل آوری نشده با قارچ ۱	۷/۹۰ ^d	۸/۲۹ ^e	۸/۷۹ ^d	۱۱/۶۱ ^d	۱۳/۱۶ ^e	۱۴/۳۰ ^e	۱۵/۱۸ ^e	۱۵/۵۲ ^e
عمل آوری شده با قارچ ۱	۱۰/۰۷ ^b	۱۰/۳۵ ^c	۱۱/۵۸ ^b	۱۳/۲۲ ^b	۱۵/۰۰ ^c	۱۶/۵۰ ^c	۱۸/۱۰ ^c	۱۸/۵۹ ^c
عمل آوری شده با قارچ ۱	۱۱/۰۶ ^a	۱۱/۳۶ ^a	۱۲/۴۷ ^a	۱۴/۴۵ ^a	۱۸/۱۶ ^a	۲۰/۷۳ ^a	۲۲/۰۲ ^a	۲۲/۱۳ ^a
عمل آوری نشده با قارچ ۲	۷/۹۰ ^d	۸/۲۹ ^e	۸/۷۹ ^d	۱۱/۶۱ ^d	۱۳/۱۶ ^e	۱۴/۳۰ ^e	۱۵/۱۸ ^e	۱۵/۵۲ ^e
عمل آوری شده با قارچ ۲	۷	۹/۴۷ ^c	۹/۸۰ ^d	۱۱/۲۳ ^c	۱۲/۸۹ ^c	۱۴/۲۶ ^d	۱۵/۳۲ ^d	۱۶/۱۸ ^d
عمل آوری شده با قارچ ۲	۱۷	۱۰/۷۱ ^a	۱۰/۹۶ ^b	۱۱/۷۰ ^b	۱۳/۳۵ ^b	۱۷/۲۶ ^b	۱۸/۳۷ ^b	۱۹/۲۷ ^b
خطای معیار	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳
معنی داری	**	**	**	**	**	**	**	**
معنی داری	**	**	**	**	**	**	**	**
معنی داری	n.s	*	*	**	n.s	**	**	**

قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium*، قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین ها می باشد ($P < 0.05$).
* نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.

روز ۱۷ کشت قارچ *Phanerochaete chrysosporium* و کمترین میزان آن مربوط به خاک اره عمل آوری نشده بود. اثر قارچ و همچنین، اثر متقابل قارچ و عمل آوری بر کلیه فراسنجه‌های تجزیه پذیری معنی دار بود ($P < 0.01$). اثر عمل آوری نیز بر کلیه فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک معنی دار بود ($P < 0.05$ و $P < 0.01$).

نتایج اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک خاک اره توسکا در جدول ۳ ارائه شده است. به طور کلی با عمل آوری خاک اره روند افزایشی در بخش تجزیه پذیر سریع (a)، بخش تجزیه پذیر کند، پتانسیل تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر (ED) در نرخ‌های عبور مختلف مشاهده شد. بیشترین بخش تجزیه پذیر سریع و بخش تجزیه پذیر کند، متعلق به

جدول ۳- اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک خاک اره توسکا (درصد)

فراسنجه‌های تجزیه پذیری							
ED(0.08)	ED(0.05)	ED(0.02)	PD	c	b	a	
۱۰/۱۵ ^e	۱۱/۱۵ ^e	۱۲/۹۵ ^e	۱۵/۶۰ ^e	۰/۰۳۵ ^d	۸/۴۱ ^d	۷/۱۷ ^c	عمل آوری نشده با قارچ ۱
۱۲/۳۰ ^c	۱۳/۲۵ ^c	۱۵/۳۵ ^c	۱۹/۰۵ ^c	۰/۰۳۱ ^e	۹/۳۰ ^c	۹/۷۴ ^b	عمل آوری شده با قارچ ۱
۱۴/۰۰ ^a	۱۵/۳۰ ^a	۱۸/۲۰ ^a	۲۳/۰۰ ^a	۰/۰۴۴ ^b	۱۳/۰۷ ^a	۹/۸۸ ^a	عمل آوری شده با قارچ ۱
۱۰/۱۵ ^e	۱۱/۱۵ ^e	۱۲/۹۵ ^e	۱۵/۶۰ ^e	۰/۰۳۵ ^d	۸/۴۱ ^d	۷/۱۷ ^c	عمل آوری نشده با قارچ ۲
۱۱/۸۰ ^d	۱۲/۶۰ ^d	۱۴/۲۰ ^d	۱۶/۳۰ ^d	۰/۰۴۸ ^a	۷/۲۳ ^c	۹/۰۸ ^d	عمل آوری شده با قارچ ۲
۱۳/۱۰ ^b	۱۴/۲۰ ^b	۱۶/۵۰ ^b	۱۹/۹۰ ^b	۰/۰۴۰ ^c	۱۰/۳۲ ^b	۹/۵۷ ^c	عمل آوری شده با قارچ ۲
۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	خطای معیار
**	**	**	**	**	**	**	قارچ
**	**	**	**	*	**	**	زمان عمل آوری
**	**	**	**	**	**	**	زمان عمل آوری × قارچ

a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه در ساعت، PD: پتانسیل تجزیه پذیری، ED: تجزیه پذیری موثر در نرخ عبورهای مختلف،

قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium* قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$). * نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می‌باشد.

سایر فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی معنی دار بود ($P < 0.05$ و $P < 0.01$).

در مورد دیواره سلولی منهای همی سلولز نیز با پیشرفت عمل آوری خاک اره، روند افزایشی معنی داری در بخش تجزیه پذیر سریع، پتانسیل تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر مشاهده گردید. اثر قارچ و عمل آوری بر کلیه فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی منهای همی سلولز معنی دار بود ($P < 0.01$). همچنین اثر متقابل عمل آوری و قارچ نیز به جز بخش تجزیه پذیر کند، بر سایر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ADF تفاوت معنی داری ($P < 0.05$ و $P < 0.01$) را نشان داد.

نتایج مربوط به اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی سلولز خاک اره توسکا، در جداول ۴ و ۵ گزارش شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، با افزایش زمان عمل آوری از ۷ به ۱۷ روز، بخش تجزیه پذیر سریع، پتانسیل تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر افزایش می‌یابد. اثر قارچ بر کلیه فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی معنی دار بود ($P < 0.01$). زمان عمل آوری (به غیر از نرخ ثابت تجزیه پذیری) بر سایر فراسنجه‌های دیواره سلولی اثر معنی داری داشت ($P < 0.01$). همچنین مشخص گردید اثر متقابل عمل آوری و قارچ به غیر از بخش تجزیه پذیر کند و نرخ ثابت تجزیه در ساعت بر

جدول ۴- اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی خاک اره توسکا (درصد)

فراسنجه‌های تجزیه پذیری								
ED(0.08)	ED(0.05)	ED(0.02)	PD	c	b	a		
۵/۳۰ ^e	۵/۸۰ ^e	۶/۶۰ ^e	۷/۷۰ ^e	۰/۰۳۷ ^c	۴/۸۶ ^d	۲/۸۱ ^c	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۱
۷/۸۰ ^c	۸/۴۰ ^c	۹/۶۰ ^c	۱۱/۶۰ ^c	۰/۰۳۸ ^c	۵/۸۵ ^c	۵/۷۳ ^b	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۱۱/۲۰ ^a	۱۲/۲۰ ^a	۱۴/۴۰ ^a	۱۸/۰۰ ^a	۰/۰۷۰ ^a	۱۰/۴۲ ^a	۷/۶۰ ^a	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۵/۳۰ ^e	۵/۸۰ ^e	۶/۶۰ ^e	۷/۷۰ ^e	۰/۰۳۷ ^c	۴/۸۶ ^d	۲/۸۱ ^c	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۲
۶/۹۰ ^d	۷/۳۰ ^d	۸/۱۰ ^d	۹/۳۵ ^d	۰/۰۴۲ ^{bc}	۴/۰۹ ^e	۵/۲۵ ^b	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۹/۵۰ ^b	۱۰/۳۰ ^b	۱۱/۹۰ ^b	۱۴/۱۰ ^b	۰/۰۵۰ ^b	۸/۲۶ ^b	۵/۸۶ ^b	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۰۳	۰/۱۲	۰/۱۶		خطای معیار
**	**	**	**	**	**	**	قارچ	معنی داری
**	**	**	**	n.s	**	**	زمان عمل آوری	
**	**	**	**	n.s	n.s	*	زمان عمل آوری × قارچ	

a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه در ساعت، PD: پتانسیل تجزیه پذیری، ED: تجزیه پذیری موثر در نرخ عبورهای مختلف، قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium*، قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$). * نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می‌باشد.

جدول ۵- اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری دیواره سلولی منهای همی سلولز خاک اره توسکا (درصد)

فراسنجه‌های تجزیه پذیری								
ED(0.08)	ED(0.05)	ED(0.02)	PD	c	b	a		
۴/۰۰ ^e	۴/۶۰ ^e	۵/۸۰ ^e	۷/۳۵ ^d	۰/۰۳۱ ^c	۶/۸۲ ^c	۰/۵۴ ^d	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۱
۶/۸۵ ^d	۷/۴۵ ^c	۸/۹۵ ^c	۱۲/۷۰ ^b	۰/۰۱۹ ^d	۷/۱۹ ^c	۵/۴۸ ^b	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۹/۳۰ ^a	۱۰/۴۰ ^a	۱۲/۹۰ ^a	۱۷/۵۰ ^a	۰/۰۵۸ ^a	۱۲/۱۴ ^a	۵/۴۰ ^b	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۴/۰۰ ^e	۴/۶۰ ^e	۵/۸۰ ^e	۷/۳۵ ^d	۰/۰۳۱ ^c	۶/۸۲ ^c	۰/۵۴ ^d	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۲
۷/۰۵ ^c	۷/۲۵ ^d	۸/۰۵ ^d	۱۰/۱۵ ^c	۰/۰۱۶ ^d	۳/۷۱ ^d	۶/۴۰ ^a	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۸/۴۰ ^b	۹/۲۰ ^b	۱۰/۸۰ ^b	۱۳/۱۰ ^b	۰/۰۵۰ ^b	۸/۷۳ ^b	۴/۳۹ ^c	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۰۰۲	۰/۲۰	۰/۱۳		خطای معیار
**	**	**	**	**	**	**	قارچ	معنی داری
**	**	**	**	**	**	**	زمان عمل آوری	
**	**	**	*	**	n.s	**	زمان عمل آوری × قارچ	

a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه در ساعت، PD: پتانسیل تجزیه پذیری، ED: تجزیه پذیری موثر در نرخ عبورهای مختلف، قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium*، قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$). * نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می‌باشد.

نتایج مربوط به اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده آلی در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ذکر شده، با افزایش زمان عمل آوری خاک اره روند افزایشی در بخش تجزیه پذیر سریع، پتانسیل تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر

مشاهده شد. اثر عمل آوری و قارچ بر کلیه فراسنجه‌های تجزیه-پذیری ماده آلی معنی دار بود ($P < 0.01$). اثر متقابل عمل آوری و قارچ به جز بر فراسنجه بخش تجزیه پذیر سریع بر سایر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده آلی معنی دار بود ($P < 0.01$).

جدول ۶- اثر قارچ و عمل آوری بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده آلی خاک اره توسکا (درصد)

فراسنجه‌های تجزیه پذیری								
ED(0.08)	ED(0.05)	ED(0.02)	PD	c	b	a		
۱۰/۲۰ ^c	۱۱/۳۵ ^c	۱۳/۳۵ ^c	۱۵/۷۵ ^c	۰/۰۳۴ ^c	۱۱/۶۱ ^c	۴/۱۳ ^c	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۱
۱۲/۳۰ ^c	۱۳/۵۰ ^c	۱۵/۸۵ ^c	۱۹/۳۰ ^c	۰/۰۴۳ ^c	۱۱/۲۵ ^d	۸/۰۸ ^c	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۱۴/۳۵ ^a	۱۵/۹۰ ^a	۱۹/۱۰ ^a	۲۴/۴۵ ^a	۰/۰۷۰ ^a	۱۴/۵۳ ^a	۹/۹۱ ^a	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۱
۱۰/۲۰ ^c	۱۱/۳۵ ^c	۱۳/۳۵ ^c	۱۵/۷۵ ^c	۰/۰۳۴ ^c	۱۱/۶۱ ^c	۴/۱۳ ^c	روز صفر	عمل آوری نشده با قارچ ۲
۱۱/۹۵ ^d	۱۳/۰۰ ^d	۱۴/۹۰ ^d	۱۷/۴۰ ^d	۰/۰۵۶ ^b	۹/۸۴ ^e	۷/۵۹ ^d	روز ۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۱۳/۶۰ ^b	۱۴/۹۰ ^b	۱۷/۵۰ ^b	۲۱/۶۵ ^b	۰/۰۳۹ ^d	۱۲/۳۰ ^b	۹/۳۸ ^b	روز ۱۷	عمل آوری شده با قارچ ۲
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۰۰۷	۰/۰۶	۰/۰۸		خطای معیار
**	**	**	**	**	**	**	قارچ	معنی داری
**	**	**	**	**	**	**	زمان عمل آوری	
**	**	**	**	**	**	n.s	زمان عمل آوری × قارچ	

a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه در ساعت، PD: پتانسیل تجزیه پذیری، ED: تجزیه پذیری موثر در نرخ عبورهای مختلف، قارچ ۱: *Phanerochaete chrysosporium*، قارچ ۲: *Pleurotus ulmarius*، درج حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$). * نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ns بیانگر عدم معنی داری می‌باشد.

بحث

همانطور که در جدول ۱ دیده می‌شود، عمل آوری خاک اره توسکا با هر دو قارچ پوسیدگی سفید مورد مطالعه، سبب کاهش درصد ADF و NDF گردید. درصد ADF و NDF در روز ۱۷ کمتر از روز ۷ بود.

عوامل احتمالی این کاهش را می‌توان بدین گونه تفسیر نمود که قارچ‌های پوسیدگی سفید به‌طور اختصاصی در تجزیه لیگنین فعال بوده و باعث تجزیه کامل لیگنین به فرم معدنی آن می‌شوند (Alexopoulos, 1996). همچنین، به علت استفاده قارچ از پلی‌سارکاریدهای دیواره سلولی و به تبع آن، تولید آنزیم‌های

تجزیه گر لیگنین، میزان درصد اجزاء دیواره سلولی کاهش محسوسی را بعد از عمل آوری نشان داد. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققان در بررسی مشابهی که به وسیله آنزیم استخراج شده از قارچ *Phanerochaete chrysosporium* برای عمل آوری کاه جو انجام داده بودند مطابقت می‌نماید (Khazaal et al., 1990). تخریب ترکیبات دیواره سلولی فرآیند پیچیده ای است که از طریق فعالیت سینرژیک تعدادی از آنزیم‌های برون سلولی انجام می‌شود. در قارچ‌های رشته‌ای، این آنزیم‌ها شامل لیگنیناز، همی سلولاز، پکتیناز و سلولاز می‌باشد

NDF و ADF کاهش یافت. NDF تاثیر قابل ملاحظه‌ای در گوارش پذیری دارد، بنابراین هر عملی که باعث کاهش این مقدار شود باعث بهبود گوارش پذیری خواهد شد. همچنین از آنجا که غلظت لیگنین چوب از جمله عوامل اصلی در تعیین مقدار هضم در شکمبه می‌باشد بنابراین بایستی چوب خام به اندازه کافی عمل- آوری شود تا لیگنین و سایر بازدارنده‌ها از بین برود و انرژی خالص آن برای نشخوارکنندگان شبیه نشاسته گردد (بابایی و همکاران ۱۳۸۹). طبق جدول ۳ فراسنجه‌های تجزیه پذیری DM (a, b, c, PD) به‌طور معنی‌داری در خاک اره توسکا عمل‌آوری شده بیشتر بود که این ممکن است به دلیل کاهش NDF باشد. عمل‌آوری خاک اره توسکا با قارچ‌های پوسیدگی سفید ترکیب‌های دیواره سلولی را کاهش داده و میزان کربوهیدرات‌های محلول را در نتیجه تجزیه آنزیمی افزایش می‌دهد (Gutierrez et al., 1996). اختلافات در فراسنجه‌های تجزیه پذیری می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه قارچ، سیستم عمل- آوری و نوع آنزیم‌های تولید شده به‌وسیله قارچ باشد. دلیل بیشتر بودن تجزیه‌پذیری دیواره سلولی در خاک اره عمل‌آوری شده، کمتر بودن میزان لیگنین و بیشتر بودن کربوهیدرات‌های محلول آن بوده که در نتیجه تجزیه پذیری آن‌ها را افزایش داد. همان‌طور که در جداول ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود خاک اره عمل‌آوری شده، از تجزیه پذیری (ناپدید شدن) ماده خشک، ماده آلی و NDF و ADF بالاتری برخوردار است. میزان ناپدید شدن شاخصی از تجزیه پذیری است (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش تاثیر مثبت عمل‌آوری چوب با قارچ را نشان داد. لذا به نظر می‌رسد که با توجه به تولید قابل توجه بقایای صنایع چوب به عنوان یک محصول فرعی حاصل از

که با تخریب زیست پلیمرهای دیواره سلولی مواد مغذی مورد نیاز قارچ تامین می‌شود. در بین تمام آنزیم‌های همی سلولاز، زیلاتناز بیشترین تحقیقات را به خود اختصاص داده است (Aro et al., 2005).

از آنجا که پلیمر لیگنین گسترده و بسیار شاخه‌دار می‌باشد، تخریب آن برون سلولی و منحصر به فرد می‌باشد. به دلیل وجود اتصالات اتری و کربن-کربن در لیگنین، نیاز به آنزیم‌های اکسیدکننده به جای آنزیم‌های هیدرولیز کننده جهت تخریب آن ضروری می‌باشد. یکی از آنزیم‌های اصلی لیگنولیتیکی برون سلولی قارچ *P.chrysosporium*، لیگنین پراکسیداز می‌باشد (Turpeinen, 2007). لیگنین پراکسیداز قارچ *P.chrysosporium* در مرحله دوم رشد، تحت تاثیر مقدار محدود مواد غذایی و فشار شدید اکسیژن تولید شده و در صورت عدم تولید آن، تخریب لیگنین بسیار کم اتفاق می‌افتد. لیگنین پراکسیداز، هسته آروماتیکی غیر فنولی مولکول لیگنین را با یک الکترون اکسید کرده و ترکیبات آروماتیکی و غیر آروماتیکی تولید شده و توسط قارچ استفاده می‌شوند (Mullai and vishali, 2007). عمل‌آوری خاک اره توسکا با هر دو قارچ سبب افزایش درصد خاکستر خام گردید و این با نتایج دیگر محققین از جمله Akinfemi و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰۱۰) مطابقت دارد. این مسئله به دلیل مورد استفاده قرار گرفتن بخشی از ماده آلی موجود در بستر کشت (سلولز و همی سلولز دیواره سلولی) و احتمالاً مصرف بیشتر مواد آلی و باقی ماندن زیادتر مواد معدنی در واحد وزن و نهایتاً افزایش نسبت خاکستر است (Shoukry and Hamissa, 1985). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در ساعات مختلف انکوباسیون شکمبه‌ای، روند رو به افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک نمونه‌های مورد آزمایش، دیده شد. همانگونه که ذکر شد، با عمل‌آوری توسط قارچ، مقدار

مقالات پنجمین کنگره علوم دامی ایران، ۸ شهریور ۱۳۹۱. دانشگاه صنعتی اصفهان.

- 6- Adamovic M., G. Grubice, I. Milenkovic, R. Jovanovic, R. Protice, L. Sretenovic and L. Stoicevic. (1998). The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. *Anim. Feed Science and Technology*, 71: 357- 362.
- 7- Agricultural and Food Research Council, (AFRC), (1992). Nutrient Requirements of Ruminants. Technical Committee on Responses to Nutrients. Report no: 10, Nutrient Abstract & Review Series B, 62:2:787- 835.
- 8- Akinfemi, A., Adu, O.A. and Adebisi, O.A. (2009). Use of white rot fungi in upgrading maize straw and the resulting impact on chemical composition and *in-vitro* digestibility. *Journal of Animal Science*, Vol, 21, No, 10, pp: 213-220.
- 9- Akinfemi, A., Adu, O.A. and Doherty, F. (2010). Conversion of Sorghum Stover into animal feed with White-rot fungi: *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius*. *African Journal of Biotechnology*, Vol, 9, No, 11, pp: 1706-1712.
- 10- Albores, S., Pianzola, M.J., Soube, M. and Cerdeiras, M.P. (2006). Biodegradation of agroindustrial wastes by *Pleurotus* Spp for its use as ruminant feed. *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol, 9, No, 3, pp: 216-220.
- 11- Alexopoulos, C.Y. (1996). Introductory mycology. John whey of sons. USA.

کارخانجات، می توان با عمل آوری بیولوژیکی، از آن در تغذیه نشخوارکنندگان استفاده نمود که البته نیاز به پژوهش های بیشتری در این زمینه خواهد بود.

پاورقی ها

1. Basidiomycetes
2. Completely Randomized Design
3. General Liner Model
4. Duncans Multiple Range ANOVA

منابع

- ۱- بابایی، الف.، پیرمحمدی، ر. و عزیزی، س. (۱۳۸۹) مطالعه ترکیب های شیمیایی و تجزیه پذیری چوب صنوبر شیرین و انگور خام و عمل آوری شده با سود، مجله پژوهش های علوم دامی، شماره ۱، جلد ۴. ص ۷۹-۸۸.
- ۲- حسین نیا، الف. و پازوکی، م. (۱۳۸۷) تجزیه بیولوژیکی لیگنین به وسیله قارچ *White Rot*. پژوهشگاه مواد و انرژی. ص ۸-۱.
- ۳- صفره، م. و بهنامیان، م. (۱۳۹۰) بررسی اثر برخی از ضایعات صنایع تبدیلی کشاورزی بر پاره ای از خصوصیات رشد قارچ خوراکی صدفی *pleurotus ulmarius*. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی محیط زیست، ۱۷ خرداد ۱۳۹۰. دانشگاه تهران.
- ۴- فضائلی ح. (۱۳۸۷) قابلیت هضم و مصرف اختیاری کاه گندم عمل آوری شده با قارچ صدفی در گوسفند و گاو. مجله علوم آب و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی - جلد ۱۲ شماره ۴۳ صفحات ۵۲۳-۵۳۱.
- ۵- فضائلی، ح.، خان والی، ح الف.، بنکدارپور، ب. و وهاب زاده، ف. (۱۳۹۱) بررسی اثر کشت قارچ فانوریکیت کریزوسپوریوم بر ارزش غذایی باگاس نیشکر. مجموعه

- 12- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg. M, D.
- 13- Aro, N., Pakula, T. and Penttilä, M. (2005). Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi. *FEMS Microbiology Reviews*, vol, 29, pp: 719–739.
- 14- Baertsche S.R., Yokoyama M.T. and Hanover J.W. (1986). Short rotation, hardwood tree biomass as potential ruminant feed chemical composition, nylon bag ruminal degradation and ensilement of selected species. *Journal of Animal Science*, Vol, 63, pp: 2028 – 2043.
- 15- Cottrill, B.R and Evans, P. J. (1984). Estimation of Protein Degradability, Interdepartmental Protein Working Party. ARC Technical Review, Farnham Royal, Berks, UK: Agricultural Research Council, Commonwealth Agricultural Bureaux.
- 16- Fazaeli H., Jelani Z.A., Azizi. A, Liang. J.B, Mahmoudzadeh. H and Osman. A. (1999). Biodegradation of wheat straw by *Pleurotus* fungi for improved digestibility: Comparison of the mycelial running rate of six cultures. *Malaysian Journal of Animal Science*, 5 (182):59-66.
- 17- Fazaeli H., Mahmoudzadeh H., Azizi A., Jelani Z. A., Liang. J. B., Rouzbehan. Y and Osman. A. (2004). Nutritive value of wheat straw treated with *Pleurotus* fungi. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 17 (12): 1681-1688.
- 18- Fazaeli H., Azizi A and Ameli M. (2006). Nutritive value index of treated wheat straw with *Pleurotus* fungi fed to sheep. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(13): 2444-2449.
- 19- Gutierrez, A., Prieto, A. and Martinez, A.T. (1996). Structure characterization of extracellular polysaccharides produced by fungi from the genus *Pleurotus*. *Carbohydrate Research*. Vol, 281, pp: 143-154.
- 20- Kalmis, E., Azbar, N., Yildiz, H., Kalyoncu, F. (2006). Feasibility of using olive mill effluent (OME) as a wetting agent during the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on wheat straw. *Bioresource Technology*, Vol, 98, pp: 2512-2518.
- 21- Khazaal, K.A., Dodson Harvey and Palmer, P. (1990). A preliminary study of the treatment of barley straw with ligninase enzyme: effect on in-vitro digestibility and chemical composition. *Biological Wastes*, Vol, 33, pp: 53-62.
- 22- Mullai, P. and Vishali, S. (2007). Biodegradation of penicillin-G wastewater using *Phanerochaete chrysosporium* – An equilibrium and kinetic modeling. *African Journal of Biotechnology*, Vol, 6, N.12, pp: 1450-1454.
- 23- Ørskov, E.R. and McDonald, I. (1997). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Sciences*, Cambridge, Vol, 92. pp: 499-503.
- 24- Sharari, M., Jahan Latibari, A., Guillet, A.,

