

مقایسه ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری شکمبه‌ای چهار نوع کاه فرآوری شده با قارچ رنگین کمان (*Trametes versicolor*)

• عطیه مهرایی

دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

• تقی قورچی (نویسنده مسئول)

استاد گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

• سید اسماعیل رضوی

استادیار گروه گیاهپزشکی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۷۱۵۸۱۰

Email: ghoorchit@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه، اثر کشت قارچ پوسیدگی سفید رنگین کمان (*Trametes versicolor*) بر ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری شکمبه-ای ماده خشک کاه‌های زیره، گندم، جو و کلزا بررسی و مقایسه شد. انواع کاه با میسلوم قارچ رنگین کمان تلقیح و به مدت ۲۱ روز در کیسه‌های پلاستیکی در دمای 30°C - ۲۵ و رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد نگهداری شدند. پس از آن کاه‌ها خشک و آسیاب شده و ترکیب شیمیایی آن‌ها تعیین گردید. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نیز به روش کیسه‌های نایلونی با سه رأس گوسفند اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که کاهش مقدار ماده آلی فقط در کاه زیره فرآوری شده نسبت به شاهد معنی‌دار بود ($P < 0/05$). میزان پروتئین خام در کاه گندم، جو و کلزا فرآوری شده افزایش و در کاه زیره کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0/05$). پس از فرآوری با قارچ، نسبت NDF در کاه زیره افزایش و در سایر کاه‌ها کاهش یافت. مقدار لیگنین (ADL) در کاه گندم فرآوری شده کمتر از شاهد بود ($P < 0/05$). در بین کاه‌های فرآوری شده، کاه زیره بیشترین میزان توده قارچ (کیتین) در ماده خشک را داشت ($P < 0/05$). فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک نیز در بین انواع کاه متفاوت بود و در کاه گندم و جو پس از فرآوری، نتایج بهتری مشاهده شد. با افزایش زمان پس از شکمبه گذاری، تجزیه‌پذیری کاه زیره فرآوری شده نسبت به شاهد کاهش یافت. در کاه کلزای فرآوری شده نیز تجزیه‌پذیری ماده خشک تنها در زمان‌های صفر و شش ساعت افزایش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$). بر اساس یافته‌های به‌دست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که اثرات رشد قارچ رنگین کمان بر ترکیب شیمیایی، دیواره سلولی و تجزیه‌پذیری انواع کاه متفاوت بود و در کاه زیره، تأثیر نداشت.

واژه‌های کلیدی: فرآوری زیستی، قارچ پوسیدگی سفید، کاه، کیتین، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 107 pp: 49-60

Comparison of chemical composition and rumen degradability among four types of straws treated by *Trametes versicolor* fungusAtiyeh Mehrabi¹, Taghi Ghoorchi^{2*}, Seyed Esmaeil Razavi³¹:M.Sc. Graduated of Animal Nutrition, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources^{2*}:Professor, Dept. of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Email: ghoorchit@yahoo.com, Tel: +989113715810³:Assistant Professor, Dept. of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.**Received: September 2013****Accepted: November 2014**

In this study, the effect of white rot fungus *Trametes versicolor* on chemical composition and rumen degradability of cumin, wheat, barley and rapeseed straws were investigated and compared. Straws were inoculated with fungus mycelium and were kept in plastic bags at 25-30 °C and 70-80% relative humidity for 21 days. Then straws were dried, milled and their chemical compositions were measured. Rumen degradability was estimated using the nylon bag technique by 3 rams. The results showed that the loss of organic matter only in treated cumin straw was significant ($P < 0.05$). Crude protein content in treated wheat, barley and rapeseed straw was increased whereas in treated cumin straw was significantly lower than control ($P < 0.05$). After treatment with fungus, NDF in cumin straw increased while in the other treatments reduced. The amount of lignin (ADL) in treated wheat straw was lower than control ($P < 0.05$). Among the treated straws, the cumin straw was contained the highest amount of fungal biomass (chitin)/dry matter ($P < 0.05$). Degradability parameters of dry matter among varieties of straw were different and the highest values were observed in treated wheat and barley straw. Degradability of treated cumin straw decreased with increasing incubation time, compared with control ($P < 0.05$). As well as degradability of dry matter at the treated rapeseed straw, showed a significant increase only at 0 and 6 hours ($P < 0.05$). According to findings, it was concluded that effects of growth *Trametes versicolor* on chemical composition, cell wall components and rumen degradability among varieties of straw was different and in cumin straw, was not effective.

Key words: Biological treatment, White rot fungi, Straw, Chitin, Rumen degradability.**مقدمه**

(زیستی) لیگنین زدایی شامل استفاده از آنزیم‌ها یا میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده لیگنین است (Sarnklong et al., 2010). قارچ‌های پوسیدگی سفید از مؤثرترین موجودات تجزیه کننده لیگنین در طبیعت هستند. این قارچ‌ها در مرحله رویشی (میسلیوم) آنزیم‌های تجزیه کننده لیگنین برون سلولی ترشح می‌کنند (Schmidt, 2007). دو سازوکار برای این آنزیم‌ها ارائه شده است: یکی محلول شدن (آزاد شدن لیگنین همراه با مقداری از همی سلولز متصل به آن) و دیگری معدنی شدن که در آن لیگنین کاملاً تجزیه شده و به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود (Wong, 2009). کاربرد کاه باقی مانده از کشت قارچ صدفی به عنوان خوراک دام، اولین بار توسط شانل^۳ و همکاران در سال ۱۹۶۶

با توجه به محدودیت منابع خوراک دام در کشور، شناخت سازه‌هایی که باعث استفاده بهینه از مواد فیبری در تغذیه دام و به دست آوردن حداکثر بازده بیولوژیکی در تولیدات دامی گردد امری اجتناب ناپذیر است. کاهها منبع بالقوه‌ای از پلی ساکاریدهای انرژی‌زا برای تغذیه نشخوارکنندگان بوده اما وجود جزء مستحکمی به نام لیگنین - به عنوان یک مانع فیزیکی - از دسترسی آنزیم‌های هیدرولیتیک به پلی ساکاریدها جلوگیری می‌کند. بدین منظور، برای لیگنین زدایی از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می‌شود. قاعده این روش‌ها بر اساس شکافتن کمپلکس سلولز - لیگنین است که با استخراج یا تجزیه لیگنین امکان پذیر است (Zadrazil, 1993). روش‌های بیولوژیکی

در اغلب پژوهش‌های انجام شده در ایران، از گونه‌های مختلف قارچ‌های صدفی (*Pleurotus* sp.) برای فرآوری انواع کاه استفاده شده است (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ فضائلی، ۱۳۸۷؛ کفیل‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹؛ ناصحی و همکاران، ۱۳۹۱). اما از آنجا که تاکنون گزارش منتشر شده و قابل دسترسی مبنی بر فرآوری با قارچ رنگین کمان ارائه نشده است، در تحقیق حاضر اثر قارچ رنگین کمان (*Trametes versicolor*) بر ترکیب شیمیایی و تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک کاه‌های زیره، گندم، جو و کلزا، به منظور تهیه خوراک برای نشخوارکنندگان، بررسی شد.

مواد و روش‌ها

برای کشت قارچ روی کاه از روش تخمیر حالت جامد در مقیاس بزرگ استفاده شد.

تهیه میسلیم و تلقیح قارچ

کارپوفور^۴ (کلاهک و پایه) قارچ رنگین کمان (*Trametes versicolor*)، از جنگل شصت کلاته شهرستان گرگان جمع-آوری و برای تهیه میسلیم، یک تکه از آن جدا و در پتری‌دیش دارای محیط کشت مالت آگار به مدت هفت روز در انکوباتور با دمای ۲۵°C نگهداری شد. در مرحله بعد برای تلقیح قارچ، دانه‌های گندم در آب شسته شده و ۱۵ دقیقه جوشانده و در الک آبگیری شدند. سپس دانه‌ها به سه ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و در اتوکلاو با تنظیم دمایی ۱۲۱°C و فشار یک اتمسفر، به مدت یک ساعت گندزدایی شدند (Tuyen et al., 2012). پس از آن، محتوای هر شیشه با یک قطعه یک سانتی‌متر مربعی از آگار میسلیم‌دار تلقیح شد. ارلن مایرها به مدت هفت روز در انکوباتور با دمای ۲۵°C قرار داده شدند تا دانه‌ها کاملاً با میسلیم قارچ پوشانده شدند.

آماده سازی بستر و کشت قارچ

کاه گندم، جو و کلزا^۵ از مزارع استان گلستان و کاه زیره سبز^۶ (شامل ساقه‌ها، مقداری برگ و دانه به همراه نیام آنها) نیز از شهرستان مشهد تهیه شدند. اندازه ذرات کاه گندم، جو و زیره

توصیف شد (Zadrazil, 1997). در ده سال اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در شناخت تجزیه مواد لیگنوسلولز توسط قارچ‌های بازیدیومیست پوسیدگی سفید و قابلیت بالایی که این موجودات و آنزیم‌هایشان دارند، صورت گرفته (Jurado et al., 2011) و استفاده از این قارچ‌ها به عنوان روشی مطمئن و مبتنی بر اصول محیط زیست برای حذف لیگنین شناخته شده است (Okano et al., 2006). قارچ رنگین کمان (*Trametes versicolor*)، متعلق به شاخه بازیدیومیکوتازها است.

این قارچ در درختان ایستاده و سخت‌چوب‌های انبارشده، پوسیدگی سفید مرمی شکل به وجود می‌آورد و اجزای دیواره سلولی از جمله لیگنین را تجزیه می‌کند (Schmidt, 2007). در آزمایش Rodrigues و همکاران (۲۰۰۸)، عصاره‌های آنزیمی قارچ‌های پوسیدگی سفید رنگین کمان و *Bjerkandera adusta* به کاه گندم اضافه شدند که در نتیجه، قارچ رنگین کمان فعالیت آنزیمی لیگنینولیتیک بیشتری نشان داد. Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) نیز یازده قارچ پوسیدگی سفید، از جمله قارچ رنگین کمان را برای قدرت تجزیه لیگنین و بهبود تخمیر شکمبه‌ای کاه گندم مورد آزمایش قرار دادند. نتایج نشان دادند که همه قارچ‌ها مقدار ماده خشک، ماده آلی و اجزای دیواره سلولی (همی سلولز، سلولز و لیگنین) را کاهش دادند اما باعث افزایش پروتئین کاه شدند. طبق یافته‌های Shrivastava و همکاران (۲۰۱۱) نیز قارچ رنگین کمان عملکرد مناسبی در کاهش اجزای فیبری کاه گندم و تبدیل آن به خوراکی با قابلیت هضم بیشتر نشان داد. اجزای اصلی میسلیم در بازیدیومیست‌ها آب، پروتئین و جزء نامحلول در سود (NaOH) است که عمدتاً شامل کیتین، پلی-ساکاریدهای اسیدی به علاوه مقدار اندکی کیتوسان می‌باشد. کیتین، پلیمری متشکل از واحدهای استیل-د-گلوکز آمین است (Mario et al., 2008) و در نشخوارکنندگان، توسط پروتوزوآهای مژکدار در شکمبه به مونومرهای استیل-د-گلوکز آمین تجزیه می‌شود که می‌توان آن را مانند سایر ترکیبات شیمیایی موجود در خوراک نشخوارکنندگان به عنوان یک منبع بالقوه انرژی مورد بررسی قرار داد (Belzecki et al., 2008).

(2008; Pillai et al., 2009). برای انحلال کیتین، از روش Mario و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد و مقدار به دست آمده از میزان دیواره سلولی نمونه‌ها کاسته شد.

تعیین فراسنجه‌های تجزیه پذیری

تجزیه‌پذیری ماده خشک نمونه‌های کاه فرآوری شده و فرآوری نشده با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی (Ørskov و همکاران، ۱۹۸۰) در سه رأس گوسفند نر نژاد دالاق فیستولاگذاری شده با جیره نگهداری ۵۰ درصد کاه گندم و ۵۰ درصد دانه کامل جو در زمان‌های گرمخانه گذاری صفر، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نیز بر اساس معادله‌های Ørskov و McDonald (۱۹۷۹) برآورد شد:

(۱) پتانسیل تجزیه‌پذیری (P_t):

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

در این رابطه P_t میزان تجزیه‌پذیری پس از t ساعت انکوباسیون، a بخش تند تجزیه و محلول در آب، b بخش کندتجزیه در شکمبه و c سرعت تجزیه‌پذیری است.

(۲) تجزیه‌پذیری مؤثر (ED):

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

k نرخ عبور است که در مقادیر ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این آزمایش، برای مقایسه تیمارها با یکدیگر، از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار استفاده شد. داده‌ها با استفاده از رویه GLM و نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۰ (۲۰۰۲) تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

جدول ۱، درصد ترکیبات شیمیایی و مقدار دیواره سلولی (NDF)، دیواره سلولی منهای همی سلولز (ADF)، لیگنین (ADL)، همی سلولز و سلولز انواع کاه شاهد و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان و همچنین میزان کیتین در کاه‌های فرآوری شده را نشان می‌دهد. کاهش ماده آلی فقط در کاه زیره پس از فرآوری

خریداری شده ۳-۵ سانتی‌متر بود. کاه کلزا شامل ساقه‌ها، نیام و مقداری برگ بود که ساقه‌ها به اندازه ۵-۱۰ سانتی‌متر خرد شدند. مقدار یک کیلوگرم از هر کدام از انواع کاه در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد (سه تکرار).

به محتوای هر کیسه مقداری آب افزوده شد، به میزانی که رطوبت کاه به ۸۵ درصد برسد. سپس کیسه‌ها در اتوکلاو با تنظیم دمایی 121°C و فشار یک اتمسفر، به مدت یک ساعت گندزایی شدند (Tuyen et al., 2012). دانه‌های گندم دارای میسلیم قارچ به میزان ۳۰ گرم (۳ درصد) به کیسه‌ها اضافه شدند. کیسه‌ها در اتاق ضد عفونی شده با دمای $30-25^{\circ}\text{C}$ و رطوبت نسبی ۷۰-۸۰ درصد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند.

پس از گذشت ۲۱ روز و رشد میسلیم قارچ، محتویات کیسه‌ها تخلیه و در هوای باز خشک گردید و برای انجام آزمایش‌ها آسیاب شدند.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی نمونه‌ها شامل خاکستر خام و پروتئین خام به روش استاندارد (AOAC, 2005) تعیین گردید. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و لیگنین نامحلول در اسید (ADL) به صورت متوالی، با استفاده از روش فیلتر بگ (Komarek, 1994) و محلول‌های شوینده Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شدند. از اختلاف NDF و ADF مقدار همی سلولز و از اختلاف ADF و ADL مقدار سلولز محاسبه شد.

اندازه‌گیری کیتین

در مراحل اندازه‌گیری دیواره سلولی نمونه‌های فرآوری شده، محتویات درون سلول گیاهی و قارچ در شوینده‌ها حل شده و در آخرین مرحله، لیگنین و کیتین باقی می‌ماند. کیتین در حلال‌هایی که در اندازه‌گیری دیواره سلولی به روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) به کار می‌رود، حل نمی‌شود. در صورت تیمار کیتین با NaOH و تبدیل آن به کیتوسان، اسیدهای آلی قادرند کیتوسان را حل کنند (Mario et al.,

به افزایش درصد خاکستر می‌شود (هادی‌زاده تثبیتی و همکاران، ۱۳۷۶).

همچنین، افزایش خاکستر شاید به دلیل افزایش توده زیستی قارچ باشد که شامل مواد معدنی نیز می‌باشد (Jalc et al., 1998). نتایج به دست آمده مطابق با یافته‌های هادی‌زاده تثبیتی و همکاران (۱۳۷۶)، ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) بود.

معنی دار بود. بنابراین، افزایش میزان خاکستر خام نیز فقط در کاه زیره فرآوری شده نسبت به شاهد معنی دار بود ($P < 0/05$).

در مدت دوره تخمیر، سوبسترا تجزیه شده و بخش قابل توجهی از ماده آلی به CO_2 تبدیل می‌شود (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین ماده آلی کاه پس از فرآوری کاهش می‌یابد و مقدار بیشتری مواد معدنی در واحد وزن باقی می‌ماند که در نهایت منجر

جدول ۱- ترکیب شیمیایی انواع کاه قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان (درصد)

تیمارهای آزمایشی*	ماده آلی	خاکستر خام	پروتئین خام	NDF	ADF	ADL	همی سلولز	سلولز	کتین
کاه زیره شاهد	۷۶/۶۱ ^c	۲۳/۳۸ ^b	۱۶/۸۶ ^a	۳۵/۰۶ ^g	۲۰/۸۶ ^d	۵/۳۳ ^e	۱۴/۲۰ ^h	۱۵/۵۳ ^e	-
کاه زیره فرآوری شده	۷۲/۷۲ ^d	۲۷/۲۸ ^a	۱۲/۶۱ ^b	۳۸/۴۶ ^f	۲۲/۲۶ ^d	۶/۰۶ ^{de}	۱۶/۲۰ ^g	۱۶/۲۰ ^e	۴/۰۰ ^a
کاه گندم شاهد	۹۲/۳۱ ^{ab}	۷/۶۸ ^{cd}	۵/۲۵ ^e	۸۰/۲۶ ^a	۴۵/۸۶ ^b	۸/۲۰ ^c	۳۴/۴۰ ^a	۳۷/۶۶ ^{cd}	-
کاه گندم فرآوری شده	۹۱/۴۹ ^{ab}	۸/۵۰ ^{cd}	۶/۵۶ ^{cd}	۷۳/۰۶ ^c	۴۳/۰۶ ^c	۶/۹۳ ^d	۳۰/۰۰ ^c	۳۶/۱۳ ^{cd}	۲/۵۳ ^b
کاه جو شاهد	۹۱/۹۳ ^{ab}	۸/۰۶ ^{cd}	۵/۲۵ ^e	۸۱/۳۳ ^a	۴۹/۸۰ ^a	۸/۶۶ ^c	۳۱/۵۳ ^b	۴۱/۱۳ ^a	-
کاه جو فرآوری شده	۹۰/۴۹ ^b	۹/۵۰ ^c	۷/۰۰ ^{cd}	۷۵/۴۶ ^b	۴۸/۲۶ ^{ab}	۸/۴۰ ^c	۲۷/۲۰ ^d	۳۹/۸۶ ^{ab}	۲/۴۶ ^b
کاه کلزا شاهد	۹۳/۲۳ ^a	۶/۷۶ ^d	۵/۸۱ ^e	۷۰/۱۳ ^d	۴۸/۱۳ ^{ab}	۱۰/۱۳ ^b	۲۲/۰۰ ^e	۳۸/۰۰ ^c	-
کاه کلزا فرآوری شده	۹۱/۰۹ ^{ab}	۸/۹۰ ^{cd}	۷/۵۳ ^c	۶۵/۴۶ ^e	۴۷/۲۰ ^{ab}	۱۱/۶۰ ^a	۱۸/۲۶ ^f	۳۵/۶۰ ^d	۳/۱۳ ^{ab}
SEM	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۲۱

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0/05$) بین تیمارها می‌باشد.

قارچ‌های پوسیدگی سفید (هادی‌زاده تثبیتی و همکاران، ۱۳۷۶؛ فضائلی، ۱۳۸۷؛ ناصحی و همکاران، ۱۳۹۱) و قارچ رنگین کمان (Shrivastava et al., 2012; Tuyen et al., 2011) مطابقت داشت.

برخلاف سایر موارد، پروتئین خام در کاه زیره پس از فرآوری به میزان معنی داری کاهش یافت ($P < 0/05$).

همه قارچ‌ها به میزان زیادی NDF و ADF را تجزیه می‌کنند. این به دلیل زیستگاه طبیعی قارچ‌های پوسیدگی سفید است که برای تأمین انرژی به کربن آلی (منابع لیگنوسلولز) وابسته هستند (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین کاهش NDF پس از فرآوری قابل پیش‌بینی بود. در بین تیمارهای شاهد، کاه جو و گندم بیشترین میزان NDF (به ترتیب ۸۱/۳۳ و ۸۰/۲۶ درصد) و

بر اساس جدول ۱، مقدار پروتئین خام در تیمارهای کاه گندم، جو و کلزا فرآوری شده با قارچ افزایش معنی داری نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0/05$). قارچ‌ها برای دستیابی به ترکیبات دیواره سلولی به منظور تأمین انرژی، به سازوکارهای آنزیمی پیچیده‌ای نیاز دارند در حالی که ترکیبات نیتروژن آسان تر قابل تجزیه هستند. قارچ‌ها قادرند نیتروژن را از سوبسترا جذب نموده و با انرژی حاصل از تجزیه ترکیبات لیگنوسلولز، پروتئین مورد نیاز خود را بسازند (Schmidt, 2007). بنابر این در توده سلولی قارچ، پروتئین خام وجود دارد و با افزودن میسلیم به کاه، پروتئین خام آن افزایش خواهد یافت (Beg et al., 1986; Jalc et al., 1998).

نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش‌های انجام شده روی سایر

کندتر از تجزیه‌کننده‌های لیگنین- سلولز عمل می‌کنند (Zadrazil, 1997). بنابراین، این احتمال وجود دارد که در کاه کلزا که بیشترین لیگنین (۱۰/۱۳ درصد) را در بین تیمارهای شاهد داراست قارچ، پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی قابل هضم را بیشتر از لیگنین حذف کرده باشد (Jalc et al, 1996). بنابراین مقدار لیگنین بیشتری در واحد وزن باقی می‌ماند. بر اساس یافته‌های Tuyen و همکاران (۲۰۱۲)، در بین ۱۱ قارچ پوسیدگی سفید، بیشترین کاهش ADL در کاه گندم به دلیل فرآوری با قارچ رنگین کمان پس از ۴۹ روز مشاهده شد.

هادی‌زاده تثبیتی و همکاران (۱۳۷۶)، در فرآوری کاه گندم با قارچ *Phanerochaete chrysosporium* و فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) در فرآوری با قارچ‌های صدفی نیز نتایج مشابهی بدست آوردند. افزایش ADL در کاه کلزا بر اثر فرآوری، با مشاهدات Neijat و Gallagher (۱۹۹۷)، Jalc و همکاران (۱۹۹۸) و کفیل‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی داشت.

در این آزمایش مقدار همی‌سلولز در کاه گندم، جو و کلزا پس از فرآوری کاهش معنی‌دار و در کاه زیره افزایش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$) (جدول ۱). در کاه زیره مقدار NDF پس از فرآوری افزایش معنی‌داری نشان داد.

بنابراین انتظار می‌رود اجزای دیواره سلولی (لیگنین، همی‌سلولز و سلولز) نیز افزایش یابند.

در آزمایش Jalc و همکاران (۱۹۹۶) که از پنج گونه بازیدیومیست برای فرآوری کاه گندم استفاده شد، در بین سه بخش دیواره سلولی- همی‌سلولز، سلولز و لیگنین- همی‌سلولز بیشترین کاهش را نشان داد درحالی‌که لیگنین کمترین کاهش را داشت.

همی‌سلولز با پیوند کووالانسی از طریق باندهای اتر یا استر به لیگنین متصل است و برخی از قارچ‌ها، آنزیم فرولولیل استراز^۷ دارند که می‌توانند این باندها را تجزیه کنند. ممکن است شکستن این باندها، تجزیه لیگنین را تسهیل کند.

از طرف دیگر، تجزیه لیگنین ممکن است انحلال یا دست‌یابی به همی‌سلولز را افزایش دهد (Tuyen et al., 2012). کاهش

کاه زیره با ۳۵/۰۶ درصد کمترین NDF را داشتند (جدول ۱). پس از فرآوری با قارچ، در همه تیمارها به جز کاه زیره کاهش معنی‌داری در مقدار NDF مشاهده شد ($P < 0/05$). بر خلاف سایر تیمارها، در کاه زیره، NDF به میزان معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$).

نتایج به‌دست آمده برای تیمارهای کاه گندم، جو و کلزا با یافته‌های فضائلی (۱۳۸۷) و Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد و مشاهدات در مورد تیمار کاه زیره با این نتایج مخالف است. طبق جدول ۱، در کاه زیره بیشترین مقدار کاهش ماده آلی و همچنین کاهش معنی‌دار پروتئین خام پس از فرآوری مشاهده شد. اما مقدار NDF پس از فرآوری افزایش معنی‌داری نشان داد. دلیل این مسئله می‌تواند این باشد که ابتدا اجزایی از کاه که به سرعت حل می‌شوند برای استفاده در تولید توده زیستی، مورد متابولیسم قرار می‌گیرند (Zadrazil, 1997).

بنابراین اجزایی که کمتر مورد استفاده قارچ قرار گرفته (بیشتر شامل دیواره سلولی) به مقدار بیشتری در واحد وزن مواد باقی می‌ماند. در نتیجه کاه زیره پس از فرآوری درصد پروتئین خام کمتر و NDF بیشتری نسبت به شاهد داشت. در آزمایش کفیل‌زاده و همکاران (۲۰۰۹)، قارچ صدفی روی کاه و کلش گندم کشت شد و مقدار NDF کاه پس از فرآوری افزایش یافت. اعداد به‌دست آمده برای ADF، کاهش معنی‌داری را در کاه گندم فرآوری- شده نشان داد (جدول ۱) که با یافته‌های فضائلی (۱۳۸۷)، Rodrigues و همکاران (۲۰۰۸) و Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) در رابطه با فرآوری کاه گندم مطابقت داشت.

مقدار لیگنین معمولاً بعد از فرآوری، بر اثر ترشح آنزیم‌های برون سلولی تجزیه‌کننده لیگنین توسط قارچ کاهش می‌یابد. بر اساس جدول ۱، مقدار لیگنین (ADL) در کاه گندم پس از فرآوری با قارچ کاهش معنی‌داری یافت اما در کاه کلزا فرآوری‌شده افزایش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$). قارچ‌های پوسیدگی سفید در محیط کشت ابتدا قند و نشاسته را مصرف کرده و تجزیه سلولز و همی‌سلولز را به لیگنین ترجیح می‌دهند (Okano et al., 2005). همچنین در اغلب قارچ‌ها، تجزیه‌کننده‌های لیگنین

مقدار کیتین در کاه کلزای فرآوری شده بیشتر از کاه‌های گندم و جو بود (۳/۱۳٪) که علت آن می‌تواند کمتر بودن مقدار دیواره سلولی (NDF) در کاه کلزای شاهد نسبت به کاه‌های جو و گندم باشد و با توجه به اینکه نسبت ماده آلی در کاه کلزای شاهد تفاوت معنی‌داری با کاه‌های جو و گندم شاهد نداشت ($P < 0/05$)، بنابراین، نسبت مواد محلول در آن بیشتر بوده است که همین موجب رشد سریعتر قارچ در این کاه شده است (Zadrazil and Puniya, 1995).

تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک

درصد تجزیه پذیری ماده خشک انواع کاه، قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان در زمان‌های مختلف انکوباسیون در شکمبه در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به این جدول، تجزیه پذیری ماده خشک کاه زیره فرآوری شده تنها در زمان ۶ و ۱۲ ساعت افزایش معنی‌داری نشان داد و پس از آن با افزایش زمان انکوباسیون در شکمبه، نسبت به شاهد کاهش یافت ($P < 0/05$). این مسئله می‌تواند با کاهش مقدار ماده آلی در کاه زیره فرآوری شده مرتبط باشد. تا ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون، تجزیه پذیری ماده خشک کاه گندم تیمار شده نسبت به شاهد رو به افزایش بود و پس از آن در زمان ۹۶ ساعت، کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0/05$). تجزیه پذیری ماده خشک کاه جو پس از فرآوری در همه زمان‌های انکوباسیون نسبت به شاهد بیشتر بود. در کاه کلزای فرآوری شده، تجزیه پذیری ماده خشک تنها در زمان‌های صفر و ۶ ساعت افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و از زمان ۲۴ تا ۹۶ ساعت کاهش معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/05$). این مسئله شاید به دلیل وجود لیگنین باشد (Jalc et al., 1998) زیرا که کاه کلزا بیشترین لیگنین را در تیمارهای شاهد و فرآوری شده داشت. نتایج تجزیه چند نوع خوراک توسط قارچ‌های شکمبه نشان دادند که خوراکی که بیشترین لیگنین را داشت به مقدار کمتری تجزیه شد (فورچی و همکاران، ۱۳۸۲). البته در نتیجه برخی آزمایش‌ها، گزارش شد که مقدار تجزیه لیگنین با تغییر در قابلیت هضم مرتبط نبود (Zadrazil and Puniya, 1995; Tuyen et al., 2012).

همی سلولز انواع کاه فرآوری شده در این آزمایش با مشاهدات Shrivastava و همکاران (۲۰۱۱) و Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی داشت.

در مدت رشد رویشی قارچ‌ها، فرآیند لیگنین زدایی با تجزیه سلولز همراه است (Tuyen et al., 2012). در این آزمایش، کاهش معنی‌دار سلولز فقط در تیمار کاه کلزا پس از فرآوری مشاهده شد ($P < 0/05$) (جدول ۱).

بر خلاف این نتایج، در آزمایش Tuyen و همکاران (۲۰۱۲) که کاه گندم با قارچ رنگین کمان عمل‌آوری شد، کاهش معنی‌داری در سلولز به وجود آمد. اختلاف مشاهده شده می‌تواند به دلیل تفاوت در مدت زمان کشت و مقیاس فرآوری باشد.

در جدول ۱، مقدار کیتین موجود در کاه‌های فرآوری شده بر اساس درصد در ماده خشک کاه بیان شده است. کیتین در دیواره سلولی و غشای میسلیم وجود دارد بنابراین، مقدار آن می‌تواند بیانگر میزان رشد قارچ باشد (Mario et al., 2008). کاه عمل‌آوری شده، مخلوطی از کاه و میسلیم قارچ است. بنابراین اندازه‌گیری توده قارچ (کیتین) در این مخلوط بسیار مشکل است. به همین دلیل در آزمایش‌هایی که تا کنون انجام شده میسلیم به‌طور جداگانه کشت و مقدار کیتین آن اندازه‌گیری شده است (Arora and Sharma, 2011).

بر اساس یافته‌های Mario و همکاران (۲۰۰۸)، مقدار کیتین در میسلیم قارچ رنگین کمان پس از ۲۱ روز، ۱۳/۱٪ بود.

در آزمایش حاضر، برای بررسی میزان رشد قارچ روی هرکاه از روش حذف کیتین استفاده شد و نتایج نشان دادند که کاه زیره فرآوری شده بیشترین مقدار کیتین را دارا بود (۴٪) ($P < 0/05$) و این نشان می‌دهد که قارچ روی این کاه بیشترین رشد را داشته است. کاهش معنی‌دار مواد آلی در این کاه پس از فرآوری نیز این مسئله را تأیید می‌کند. بر اساس جدول ۱، ترکیبات شیمیایی کاه‌های جو و گندم شاهد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت ($P < 0/05$) و همین می‌تواند موجب یکسان بودن میزان رشد قارچ روی این دو کاه باشد (۲/۵۳٪ کیتین در کاه گندم و ۲/۴۶٪ در کاه جو پس از فرآوری).

جدول ۲- تجزیه پذیری ماده خشک (درصد) انواع کاه، قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان در زمان های مختلف (ساعت) انکوباسیون در شکمبه

تیمارهای آزمایشی*	صفر	۶	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
کاه زیره شاهد	۲۸/۵۰ ^a	۴۹/۵۷ ^b	۵۹/۹۰ ^b	۶۷/۴۳ ^a	۶۸/۸۸ ^a	۷۰/۱۳ ^a	۷۱/۰۲ ^a
کاه زیره فرآوری شده	۲۸/۹۴ ^a	۶۲/۴۰ ^a	۶۴/۴۳ ^a	۶۴/۵۶ ^b	۶۴/۶۰ ^b	۶۴/۶۱ ^b	۶۶/۰۰ ^b
کاه گندم شاهد	۱۱/۹۶ ^e	۱۷/۱۶ ^e	۲۱/۱۳ ^f	۲۶/۵۰ ^e	۲۸/۸۶ ^{cd}	۲۸/۸۸ ^e	۳۳/۲۳ ^{cd}
کاه گندم فرآوری شده	۱۴/۶۰ ^{cd}	۲۳/۸۶ ^d	۲۶/۲۳ ^{de}	۲۷/۳۴ ^e	۲۷/۴۶ ^d	۲۷/۸۰ ^e	۲۷/۸۴ ^e
کاه جو شاهد	۱۳/۳۰ ^{de}	۱۹/۴۳ ^e	۲۳/۰۳ ^f	۲۶/۳۶ ^e	۲۷/۹۳ ^d	۲۸/۱۲ ^e	۲۸/۱۴ ^e
کاه جو فرآوری شده	۱۵/۷۰ ^c	۲۳/۳۳ ^d	۲۵/۵۳ ^e	۲۸/۳۰ ^{de}	۳۰/۴۶ ^{cd}	۳۱/۱۳ ^{cd}	۳۱/۳۰ ^{cd}
کاه کلزا شاهد	۱۶/۲۶ ^c	۲۳/۸۰ ^d	۲۸/۲۰ ^{cd}	۳۲/۴۶ ^c	۳۴/۹۰ ^c	۳۵/۴۰ ^c	۳۵/۵۳ ^c
کاه کلزا فرآوری شده	۲۰/۶۰ ^b	۲۸/۴۳ ^c	۲۹/۲۶ ^c	۳۰/۱۶ ^d	۳۰/۶۶ ^d	۳۰/۷۶ ^d	۳۰/۷۶ ^d
SEM	۰/۳۰	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۵۱

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0.05$) بین تیمارها می باشد.

بنابراین بخش سریع تجزیه افزایش می یابد. بخش سریع تجزیه یا محلول در آب (a) در تیمارهای کاه گندم، جو و کلزا پس از فرآوری افزایش معنی داری نشان داد ($P < 0.05$).

پس از تشکیل میسلیم قارچ روی بستر، بخش زیادی از الیاف و پلی ساکاریدها بر اثر آنزیم های برون سلولی قارچ تجزیه می شود و اجزای محلول در آب و محلول در شوینده خنثی افزایش می یابند (Okano et al., 2005) به همین دلیل بخش a پس از فرآوری افزایش یافت. این نتایج مطابق با گزارش های ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) مربوط به عمل آوری کاه با قارچ صدفی بود.

فراسنجه های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک انواع کاه قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان در جدول ۳ نشان داده شده است.

در بین تیمارهای شاهد، کاه زیره بیشترین مقدار بخش سریع تجزیه یا محلول در آب (a) را داراست (۲۸/۵۰ درصد) ($P < 0.05$). کاه زیره به دلیل سست بودن اجزای ساقه و نازک بودن برگ ها، پس از خشک شدن و برداشت بسیار شکننده بوده و خرد می شود. علاوه بر این، کم بودن بخش فیبری این کاه (جدول ۱)، باعث می شود سریع تر از سایر کاه ها در آب حل شده و از کیسه های نایلونی خارج شود.

جدول ۳- فراسنجه‌های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک (درصد) انواع کاه، قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین کمان

تجزیه پذیری مؤثر (%)			فراسنجه‌های تجزیه پذیری (%)				تیمارهای آزمایشی*
۸	۵	۲	c	a+b	b	a	
۵۳/۲۰ ^b	۵۷/۵۶ ^b	۶۳/۸۶ ^a	۰/۱۱ ^a	۶۹/۸۰ ^a	۴۱/۲۹ ^a	۲۸/۵۰ ^a	کاه زیره شاهد
۵۹/۴۳ ^a	۶۱/۲۰ ^a	۶۳/۱۶ ^a	۰/۴۸ ^a	۶۴/۶۱ ^b	۳۵/۶۷ ^b	۲۸/۹۴ ^a	کاه زیره فرآوری شده
۱۹/۹۰ ^e	۲۲/۴۰ ^e	۲۷/۲۶ ^{de}	۰/۰۴ ^a	۳۴/۱۳ ^{cd}	۲۲/۱۵ ^c	۱۱/۹۷ ^e	کاه گندم شاهد
۲۴/۰۳ ^d	۲۵/۱۰ ^d	۲۶/۵۶ ^{de}	۰/۲۴ ^a	۲۷/۸۲ ^e	۱۳/۲۲ ^{de}	۱۴/۶۰ ^{cd}	کاه گندم فرآوری شده
۲۱/۱۰ ^e	۲۲/۸۰ ^e	۲۵/۴۰ ^e	۰/۰۸ ^a	۲۸/۱۴ ^e	۱۴/۸۳ ^d	۱۳/۳۱ ^{de}	کاه جو شاهد
۲۴/۵۶ ^d	۲۵/۹۳ ^d	۲۸/۳۰ ^{cd}	۱/۰۲ ^a	۳۱/۴۰ ^{cde}	۱۵/۷۲ ^d	۱۵/۶۸ ^c	کاه جو فرآوری شده
۲۵/۹۳ ^d	۲۸/۰۶ ^c	۳۱/۶۳ ^b	۰/۰۸ ^a	۳۵/۵۶ ^c	۱۹/۲۸ ^c	۱۶/۲۷ ^c	کاه کلزا شاهد
۲۸/۵۳ ^c	۲۹/۰۶ ^c	۲۹/۹۰ ^{bc}	۱/۱۳ ^a	۳۰/۷۴ ^{de}	۱۰/۱۸ ^e	۲۰/۵۶ ^b	کاه کلزا فرآوری شده
۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۳۰	SEM

*حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0.05$) بین تیمارها می‌باشد.

a = بخش سریع تجزیه، b = بخش کند تجزیه، a+b = تجزیه پذیری کل، c = نرخ ثابت تجزیه پذیری بخش b.

۸ درصد، افزایش معنی داری نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0.05$). در کاه گندم نیز افزایش تجزیه پذیری مؤثر در نرخ عبورهای ۵ و ۸ درصد بر اثر تیمار با قارچ معنی دار بود ($P < 0.05$). اما در کاه جو پس از فرآوری، افزایش معنی داری در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). تجزیه پذیری مؤثر در کاه کلزای فرآوری شده تنها در نرخ عبور ۸ درصد افزایش یافت ($P < 0.05$). در آزمایش ناصحی و همکاران (۱۳۹۱)، کاه کانولا با قارچ صدفی فلوریدا در مقیاس آزمایشگاهی عمل آوری شد و تجزیه پذیری مؤثر کاه در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

نتایج آزمایش Zadrzil (۱۹۹۷) نشان داد، قابلیت هضم کاه فرآوری شده در شرایط آزمایشگاهی بیشتر از مقیاس بزرگ و صنعتی بود. به طور کلی، افزایش تجزیه پذیری مؤثر کاهها بر اثر فرآوری با قارچ، با نتایج پژوهشها در مورد قارچهای صدفی (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴) و قارچ *Lentinus tuberregium* (Flachowsky et al., 2001) همخوانی داشت.

در مدت رشد ونمو قارچ، موادی که به آسانی حل می‌شوند

بخش کندتجزیه (b) در کاه زیره، گندم و کلزای فرآوری شده کاهش معنی داری نشان داد اما در کاه جو فرآوری شده تغییر معنی داری به وجود نیامد ($P < 0.05$). بخش b شامل مواد نامحلول در آب است و کاهش آن نشان می‌دهد که اجزای نامحلول کاهش یافته‌اند. در بخش پتانسیل تجزیه پذیری (a+b) تیمارهای کاه زیره، گندم و کلزا پس از فرآوری کاهش معنی داری نسبت به شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$) که عمدتاً به دلیل کاهش در بخش b روی داده‌است. یافته‌های ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) در مورد فرآوری با قارچهای صدفی بر خلاف نتایج این آزمایش بود. نرخ ثابت تجزیه پذیری (c) پس از فرآوری در همه تیمارها افزایش یافت اما معنی دار نبود ($P < 0.05$). در آزمایش فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) که چند گونه قارچ صدفی روی کاه گندم کشت شدند، افزایش نرخ ثابت تجزیه پذیری ماده خشک کاه عمل آوری شده نسبت به شاهد معنی دار بود. این اختلاف در نتایج ممکن است به دلیل تفاوت در نوع قارچ، نوع ماده زمینه و شرایط کشت باشد (Zadrzil, 1993).

تجزیه پذیری مؤثر در کاه زیره فرآوری شده در نرخ عبورهای ۵ و

فضائی، ح. (۱۳۸۷) قابلیت هضم و مصرف اختیاری کاه گندم عمل آوری شده با قارچ صدفی در گوسفند و گاو. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۳: ۵۳۱-۵۲۳.

قورچی، ت.، رحیمی، ش.، رضائیان، م. و قربانی غ. ر. (۱۳۸۲) تجزیه ماده خشک و الیاف پنج نوع ماده خوراکی به وسیله قارچ‌های بی‌هوازی شکمبه گوسفند. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۴۹-۱۴۱.

ناصری، م.، تربتی‌نژاد، ن. م.، زره‌داران، س. و صفایی ا. ر. (۱۳۹۱) بررسی تجزیه‌پذیری کاه سویا و کانولای عمل-آوری شده با قارچ پلوروتوس فلوریدا به روش کیسه‌های نایلونی در گوسفند. پنجمین کنگره علوم دامی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۲۱-۱۳۱۷.

هادی‌زاده تشیتی، ع. ر.، میرهادی، ا. و غلامی ح. (۱۳۷۶) لیگنین-زدایی بیولوژیکی کاه گندم با استفاده از بازیدیومیست *Phanerochaete chrysosporium*. پژوهش و سازندگی، ۳۷: ۱۰۹-۱۰۵.

Arora, D. S. and Sharma, R. K. (2011) Effect of different supplements on bioprocessing of wheat straw by *Phlebia brevispora*: Changes in its chemical composition, in vitro digestibility and nutritional properties. *Bioresource Technology*, 102: 8085-8091.

Beg, Sh., Zafar, S.I. and Shah, F.H. (1986) Rice husk biodegradation by *Pleurotus ostreatus* to produce a ruminant feed. *Agricultural Wastes*, 17: 15-21.

Belzecki, G., Miltko, R., Michalowski, T., Šimunek, J. and Kopečný, J. (2008) Chitinolytic activity of the sheep rumen ciliate *Diploplastron affine*. *Folia Microbiology*, 53 (3): 201-203.

Fazaeli, H., Mahmoodzadeh, H., Azizi, A., Jelan, Z.A., Liang, J.B., Rouzbehan, Y. and Osman, A. (2004) Nutritive Value of Wheat Straw Treated with *Pleurotus* Fungi. *Asian-Australian Journal Animal Science*, 17(12): 1681-1688.

(عموماً قندها و فنل‌ها) در مقادیر زیاد آزاد می‌شوند. این مواد، به ویژه قندها وقتی در سوبسترا تجمع می‌یابند باعث افزایش قابلیت تخمیر کاه توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌شوند (Zadrazil, 1997). همچنین در پی فرآوری بقایای محصولات کشاورزی با قارچ و تجزیه دیواره سلولی سوبسترا، میکروارگانیسم‌های شکمبه به کربوهیدرات‌های ساختمانی بیشتری دسترسی پیدا می‌کنند که موجب تجزیه بیشتر مواد خوراکی در شکمبه و افزایش سرعت عبور خوراک از دستگاه گوارش می‌شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۳).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از پژوهش حاضر، می‌توان چنین نتیجه گرفت که میزان رشد قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*)، در مدت زمان ۲۱ روز با شرایط محیطی یکسان، روی انواع کاه متفاوت بود و موجب تغییرات متفاوتی در ترکیب شیمیایی و دیواره سلولی آنها شد. قارچ، در محیط کشت کاه زیره، براساس میزان کیتین بیشترین رشد را داشت. کاه‌های گندم و جو فرآوری شده مقدار پروتئین خام بیشتر و همی سلولز و لیگنین کمتری نسبت به شاهد داشتند و کاه کلزای فرآوری شده پروتئین خام بیشتر و همی سلولز و سلولز کمتری نسبت به شاهد داشت. یافته‌ها و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک نیز در بین انواع کاه متفاوت بود و در کاه جو و گندم نتایج آن بهتر بود.

پاورقی‌ها

1. Basidiomycetes
2. Ascomycetes
3. Schanel
4. Carpophore
5. Rapeseed straw
6. Cumin straw
7. Feruloyl esterase

منابع مورد استفاده

دهقانی، م. ر.، ضمیری، م. ج.، روغنی، ا. و بنی‌هاشمی ض. (۱۳۸۳) گوارش‌پذیری تفاله شیرین بیان (*Glycyrrhizaglabara L.*) فرآوری شده با قارچ *Pleurotus sajorcaju*. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳: ۱۱۹-۱۱۳.

- Flachowsky, G., Isikhuemhen, O.S., Wagner, K., Loose, K. and Zadrazil, F. (2001) In sacco degradability of wheat straw residues after growing of *Lentinus tuberregium* (Fr.) Fr. *Journal of Applied Animal Research*, 20: 33-40 (Abst.).
- Jalc, D., Nerud, F. and Siroka, P. (1998) The effectiveness of biological treatment of wheat straw by white-rot fungi. *Folia Microbiology*, 43 (6): 687-689.
- Jalc, D., Nerud, F., Zrtan, R. and Sirika, P. (1996) The effect of white-rot Basidiomycetes on chemical composition and in vitro digestibility of wheat straw. *Folia Microbiology*, 41(1): 73-75.
- Jurado, M., Martinèz, À.T. and Martinez, M.J. (2011) Application of white-rot fungi in transformation, detoxification, or revalorization of agriculture wastes: role of lactase in the processes. *Comprehensive Biotechnology*, 6: 595-603.
- Kafilzadeh, F., Hozhabri, F. and Kabirifard, A. (2009) Effect of *Pleurotus florida* on in vitro gas production of wheat stubble and date palm leaf. *Research Journal of Biological Sciences*, 4 (1): 37-41.
- Komarek, A.R. (1994) Fiber analysis system. United states patent 5, 370, 007.
- Mario, F.D., Rapan`a, P., Tomati, U. and Galli, E. (2008) Chitin and chitosan from basidiomycetes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43: 8-12.
- Neijat, M.S. and Gallagher, J.R. (1997) Chemical composition and nutritive value of pea straw subjected to fungal fermentation. *Tropical Anita*, 4: 216-218.
- Official Methods of Analysis of AOAC International (2005) 18th Ed., AOAC international. Gaithersburg, MD, USA.
- Okano, K., Iida, Y., Samsuri, M., Prasetya, B., Usagawa, T. and Watanabe, T. (2006) Comparison of in vitro digestibility and chemical composition among sugarcane bagasses treated by four white-rot fungi. *Animal Science Journal*, 77:308-313.
- Okano, K., Kitagawa, M., Sasaki, Y. and Watanabe, T. (2005) Conversion of Japanese red cedar (*Cryptomeria japonica*) into a feed for ruminants by white-rot basidiomycetes. *Animal Feed Science and Technology*, 120: 235-243.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 92: 499-503.
- Ørskov, E.R., Deb Hovell, F.D. and Mould, F. (1980) The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5 (3): 195-213.
- Pillai, C.K.S., Paul, W. and Sharma, C. P. (2009) Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science*, 34: 641-678.
- Rodrigues, M. A. M., Pinto, P., Bezerra, R. M. F., Dias, A. A., Guedes, C. V. M., Cardoso, V. M. G., Cone, J. W., Ferreira, L. M. M., Colaco, J. and Sequeira, C. A. (2008) Effect of enzyme extracts isolated from white-rot fungi on chemical composition and in vitro digestibility of wheat straw. *Animal Feed Science and Technology*, 141: 326-338.
- Sarnklong, C., Cone, J.W., Pellikaan, W. and Hendriks, W.H. (2010) Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: a review. *Asian-Australian Journal Animal Science*, 23(5): 680-692.
- Schmidt, O. (2007) *Wood and Tree Fungi*. Springer, Germany, 334 pp.
- Shrivastava, B., Thakur, S., Khasa, Y.P., Gupte, A., Puniya, A.K. and Kuhad, R.C. (2011) White-rot fungal conversion of wheat straw to energy rich cattle feed. *Biodegradation*, 22 (4): 823-831.
- Tuyen, V.D., Cone, J.W., Baars, J.J.P., Sonnenberg, A.S.M. and Hendriks, W.H. (2012) Fungal strain and incubation period affect chemical composition and nutrient availability of wheat straw for rumen fermentation. *Bioresource Technology*, 111: 336-342.

