مجله تحقیقات دام و طیور
جلد چهارم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ (۶۱-۵۱)

تعیین مقدار کیتین و تجزیه‌پذیری ماده خشک و دیواره سلولی کاه کلزای فرآوری‌شده با قارچ پوسیدگی سفید رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*)

عطیه مهرابی[1*]، تقی قورچی[2] و سید اسماعیل رضوی[3]
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ، ۲- استاد گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و ۳- استادیار گروه گیاهپزشکی دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*نویسنده مسؤول: atieh_mehrabi@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۳/۰۶/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۸**

چکیده
در این مطالعه اثر قارچ پوسیدگی سفید رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و دیواره سلولی کاه کلزا بررسی شد. بدین منظور کاه کلزا با میسلیوم قارچ رنگین‌کمان تلقیح و در زمان‌های ۲۱ و ۴۰ روز در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شد. پس از آن، کاه خشک و آسیاب گردید. ترکیب شیمیایی نمونه‌های فرآوری شده و نشده (شاهد) به روش استاندارد و تجزیه‌پذیری نیز به روش کیسه‌های نایلونی با سه رأس گوسفند اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاهش مقدار ماده آلی فقط در کاه کلزای فرآوری‌شده به مدت ۴۰ روز نسبت به شاهد معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). میزان پروتئین خام در کاه فرآوری شده به مدت ۲۱ روز، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و با افزایش زمان فرآوری تا ۴۰ روز، تغییر معنی‌داری در آن مشاهده نشد. پس از فرآوری با قارچ به مدت ۴۰ روز، کاهش معنی‌داری در مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و همی‌سلولز و نیز لیگنین مشاهده شد (P<۰/۰۵). مقدار کل ترکیبات فنولی و تانن پس از ۲۱ روز فرآوری کاهش یافت و تا روز ۴۰ تغییر معنی‌داری نداشت. مقدار کیتین در مدت ۴۰ روز فرآوری افزایش معنی‌داری نسبت به ۲۱ روز داشت (P<۰/۰۵). بر اساس مقادیر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، مقدار تجزیه‌پذیری کل پس از ۴۰ روز فرآوری افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). همچنین در فرآوری کاه کلزا به مدت ۴۰ روز تجزیه‌پذیری دیواره سلولی در شکمبه به میزان قابل توجهی بهبود یافت. یافته‌های به‌دست آمده نشان داد که کاه کلزای فرآوری‌شده با قارچ رنگین‌کمان می‌تواند منبع غذایی با ارزشی برای نشخوارکنندگان باشد.
کلمات کلیدی: فرآوری زیستی، کاه کلزا، قارچ پوسیدگی سفید، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

نگارنده پاسخگو: عطیه مهرابی. آدرس: گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

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 اجتناب‌ناپذیر است. یکی از محصولاتی که در بسیاری از نقاط ایران کشت می‌شود کلزا (*Brassica napus*) است. بر اساس آخرین آمار، تولید کلزا در ایران ۱۹۰,۰۰۰تن و سطح زیر کشت ۹۳,۰۰۰ هکتار بوده‌است (آمارنامه، ۱۳۹۰). کاه کلزا پس از خرمن‌کوبی و جدا شدن دانه رسیده از گیاه به‌دست میآید و شامل برگ، ساقه، پوشینه‌ی دانه‌ها و ضمایم آن‌ها است. این کاه شامل مقادیر قابل ملاحظه‌ای سلولز و همی‌سلولز است و می‌تواند منبع غذایی با ارزشی برای نشخوارکنندگان باشد اما دستیابی میکروارگانیزم‌های شکمبه به این کربوهیدرات‌ها در گرو شکستن ترکیب مستحکم لیگنین است (رامیرِز-بریبیسکا و همکاران، ۲۰۱۱).

به‌منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای و قابلیت هضم انواع کاه و بقایای کشاورزی از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (زیستی) لیگنین‌زدایی استفاده می‌شود. اساس این روش‌ها شکستن کمپلکس سلولز- لیگنین بوده که توسط استخراج یا تجزیه لیگنین امکان‌پذیر است (سادراژیل[1] و همکاران، ۱۹۹۹). کاربرد عملی روش‌های فیزیکی و شیمیایی به دلیل مشکلات بهداشتی، ایمنی، هزینه‌ها و پیامدهای منفی زیست محیطی محدود شده‌است (سارنکلانگ و همکاران، ۲۰۱۰). فرآوری بیولوژیکی که همان استفاده از قارچ‌های پوسیدگی سفید یا عصاره‌های آنزیمی آنها می‌باشد، به‌عنوان روشی با صرفه اقتصادی و مبتنی بر اصول محیط زیست برای بهبود ارزش تغذیه‌ای کاه شناخته شده است (اوکانو و همکاران، ۲۰۰۶؛ شیواستاوا و همکاران، ۲۰۱۱؛ راگوانشی و همکاران، ۲۰۱۴).

پوسیدگی سفید معمولاً بر اثر تجزیه همی‌سلولز، سلولز و لیگنین توسط قارچ‌های گروه بازیدیومیسِت‌ها[2] و به‌ندرت توسط آسکومیسِت‌ها[3] به‌وجود می‌آید. این قارچ‌ها در مرحله رویشی (میسلیوم) آنزیم‌های برون سلولی تجزیه کننده لیگنین ترشح می‌کنند (اشمیت، ۲۰۰۷). لیگنین پراکسیداز (لیگنیناز)، منگنز پراکسیداز و لاکاز (پلی‌فنول اکسیداز)، آنزیم‌های اصلی تجزیه کننده لیگنین در قارچ‌های پوسیدگی سفید هستند (نیلادِوی، ۲۰۰۹). اجزای اصلی میسلیوم در بازیدیومیست‌ها آب، پروتئین و جزء نامحلول در سود است که عمدتاً شامل کیتین، پلی‌ساکاریدهای اسیدی به علاوه مقدار اندکی کیتوسان می‌باشد (ماریو و همکاران، ۲۰۰۸). کیتین، پلیمری متشکل از واحدهای استیل د گلوکز آمین است و در نشخوارکنندگان، توسط پروتوزوآهای مژکدار در شکمبه به مونومرهای استیل د گلوکز آمین تجزیه می‌شود. بنابر این می‌توان آن را مانند سایر ترکیبات شیمیایی موجود در خوراک نشخوارکنندگان به عنوان یک منبع بالقوه انرژی مورد بررسی قرار داد (بِلزسکی و همکاران، ۲۰۰۸).

تاکنون در بسیاری از پژوهش‌ها از قارچ‌های پوسیدگی سفیدی مانند *Phanerochaete chrysosporium*، *Lentinus edodes*، *Trametes versicolor*، *Ceriporiopsis subvermispora*، *Pleurotus* sp.، *Ganoderma* sp. و *Phelbia* sp. در تخمیر بقایای مختلف کشاورزی (کاه گندم، پوسته برنج، تفاله زیتون، باگاس نیشکر و غیره) برای تولید خوراک دام استفاده شده است (سادراژیل، ۱۹۸۰؛ اوکانو و همکاران، ۲۰۰۶؛ بروسولی و همکاران، ۲۰۱۰؛ توِین و همکاران، ۲۰۱۲). در مدت کشت (تخمیر) حالت جامد[4] کاه توسط قارچ‌ها، مقدار مواد آلی و الیاف نامحلول کاهش یافته و لیگنین به طور انتخابی حذف می‌شود. پروتئین و خاکستر نیز در کاه فرآوری شده افزایش می‌یابند (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴). قارچ‌های پوسیدگی سفید در حذف تانن و سایر ترکیبات فنولی گیاهان نیز مؤثر هستند. همچنین، همبستگی منفی بالایی بین مقدار تانن در خوراک با قابلیت هضم گزارش شده‌است (راگوانشی و همکاران، ۲۰۱۴).

اطلاعات بسیار اندکی از اثر قارچ های پوسیدگی سفید بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کاه کلزا منتشر شده‌است. در آزمایش سادراژیل (۱۹۸۰) سه قارچ *Stropharia rugosoannulata*، *Pleurotus florida* و *Pleurotus cornucopiae* روی کاه کلزا رشد کردند. این قارچ‌ها توان تجزیه لیگنین خوبی نشان دادند و قابلیت هضم برون‌تنی کاه کلزا را افزایش دادند. یافته‌های شینِرز-کارنِلی و توواری (۲۰۰۰) نشان داد که بر اثر تلقیح کاه کلزا با قارچ *Cyathus olla* ساقه‌های تیمارشده نرم و له شدند. ترکیب الیاف ساقه نشان داد که لیگنین، همی‌سلولز و سلولز تجزیه شدند. رامیرِز-بریبیِسکا و همکاران (۲۰۱۱) کاه کلزا را با قارچ رنگین‌کمان تلقیح کردند. پس از ۱۲ هفته، نتایج نشان داد که

1- Zadrazil
2- Basidiomycetes
3- Ascomycetes
4- Solid state fermentation

در کاه تیمارشده ترکیبات دیواره سلولی کاهش و پروتئین خام افزایش یافت.

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر کشت قارچ پوسیدگی سفید رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کاه کلزا در دو زمان فرآوری ۲۱ و ۴۰ روزه، به‌منظور تهیه خوراک برای نشخوارکنندگان، بود.

مواد و روش‌ها

برای کشت قارچ روی کاه از روش تخمیر حالت جامد در مقیاس بزرگ استفاده شد. آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیه دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شدند.

تهیه میسلیوم و تلقیح قارچ

کلاهک و پایه[1] قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) از جنگل شصت‌کلاته شهرستان گرگان جمع‌آوری و برای تهیه میسلیوم، یک تکه از آن جدا و در پتری‌دیش دارای محیط کشت مالت آگار به‌مدت 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. پس از آن، محتوای هر شیشه با یک قطعه یک سانتی‌مترمربعی از آگار میسلیوم‌دار تلقیح شد. ارلن مایرها به‌مدت هفت روز در انکوباتور با دمای ۲۵°C قرار داده‌شدند تا دانه‌ها کاملاً با میسلیوم قارچ پوشانده‌شد.

آماده سازی بستر و کشت قارچ

کاه کلزا (شامل ساقه‌ها، نیام و مقداری برگ) از مزارع استان گلستان تهیه شد. ساقه‌ها به اندازه ۱۰-۵ سانتی‌متر خرد شد. مقدار یک کیلوگرم 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 ۱۲۱°C و فشار یک اتمسفر، به مدت یک ساعت گندزدایی شدند. دانه‌های گندم دارای میسلیوم قارچ به میزان ۳۰ گرم (۳ درصد) به کیسه‌ها اضافه شدند. در اتاق ضدعفونی شده با دمای ۳۰°C-۲۵ و رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد نیمی از کیسه‌ها به مدت ۲۱ روز و نیمی دیگر به مدت ۴۰ روز نگهداری شدند. پس از رشد میسلیوم قارچ در این مدت، محتویات کیسه‌ها تخلیه و در هوای باز خشک گردید و برای انجام آزمایش‌ها آسیاب شد.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی نمونه‌های فرآوری شده و فرآوری نشده (شاهد)، با اندازه‌گیری ماده آلی، خاکستر خام و پروتئین خام به روش استاندارد (AOAC, 2005) تعیین گردید. الیاف نامحلول در شوینده خنثی[2]، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[3] و لیگنین نامحلول در اسید[4] به صورت متوالی، با استفاده از روش فیلتر بگ (کومارِک، ۱۹۹۴) و محلول‌های شوینده ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. از اختلاف الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، مقدار همی‌سلولز و از اختلاف الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین نامحلول در اسید، مقدار سلولز محاسبه شد.

بر اساس روش مکار و همکاران (۱۹۹۳)، عصاره‌گیری تانن‌ها با محلول استون ۷۰ درصد انجام شد و مقدار کل ترکیبات فنولی و کل تانن‌ها به روش فولین سیوکالچو[5] اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری کیتین

در مراحل اندازه‌گیری دیواره سلولی نمونه‌های فرآوری‌شده، 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 ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) به‌کار می‌رود حل نمی‌شود. در صورت تیمار کیتین با سود و تبدیل آن به کیتوسان، اسیدهای آلی قادرند کیتوسان را حل کنند (ماریو و همکاران، ۲۰۰۸؛ پیلای و همکاران، ۲۰۰۹). برای انحلال کیتین، از روش ماریو و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد و مقدار به‌دست آمده از میزان دیواره سلولی نمونه‌ها کاسته شد.

اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

تجزیه‌پذیری ماده خشک نمونه‌های کاه فرآوری‌شده و فرآوری نشده با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی ارسکوف و همکاران

1- Carpophore

2- NDF
3- ADF
4- ADL
5- Folin Ciocalteu

(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 انکوباسیون صفر، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نیز با استفاده از نرم‌افزار Fitcurve 6 بر اساس معادله‌های زیر برآورد گردید:

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 سریع تجزیه و محلول در آب، b بخش کندتجزیه در شکمبه و c سرعت تجزیه‌پذیری بخش b 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.

تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌ها برای زمان‌های انکوباسیون ۴۸ و ۹۶ ساعت اندازه‌گیری و نمودار ستونی آن با نرم‌افزار Excel 2010 ترسیم شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این آزمایش، برای مقایسه تیمارهای شاهد (فرآوری نشده) با تیمارهای فرآوری‌شده با قارچ، از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار استفاده شد. داده‌ها با استفاده از رویه GLM و نرم‌افزار SAS 9.0 (۲۰۰۲) آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

جدول ۱ درصد ترکیبات شیمیایی کاه کلزا قبل و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان و همچنین میزان کیتین در کاه‌های فرآوری‌شده را نشان می‌دهد. بر این اساس، کاهش ماده آلی در کاه کلزای فرآوری‌شده به‌مدت ۴۰ روز نسبت به شاهد، معنی‌دار بود ($P<0/05$). بنابراین افزایش میزان خاکستر خام نیز فقط در این تیمار نسبت به شاهد معنی‌دار 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 به افزایش درصد خاکستر می‌شود (هادی‌زاده تثبیتی و همکاران، ۱۳۷۶). همچنین افزایش خاکستر می‌تواند به‌دلیل افزایش توده زیستی قارچ باشد که شامل مواد معدنی نیز می‌باشد (یالچ[1] و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج به‌دست آمده مطابق با یافته‌های دهقانی و همکاران (۱۳۸۳)، ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و توِین و همکاران (۲۰۱۲) بود.

بر اساس جدول ۱ مقدار پروتئین خام در کاه فرآوری شده به مدت ۲۱ روز، افزایش معنی‌داری نسبت‌به شاهد نشان داد و با افزایش زمان فرآوری تا ۴۰ روز، تغییر معنی‌داری در آن مشاهده نشد ($P<0/05$). در آزمایش میسرا و همکاران (۲۰۰۷) مقدار پروتئین کاه خردل (*Brassica campestris*) تیمار شده با قارچ *Ganoderma lucidum* به‌طور خطی تا روز ۲۱ افزایش داشت و پس از آن کاهش یافت. قارچ‌ها به‌منظور تأمین انرژی از ترکیبات دیواره سلولی گیاه، به سازوکارهای آنزیمی پیچیده‌ای نیاز دارند در حالی‌که ترکیبات نیتروژن آسان‌تر قابل تجزیه هستند و قارچ‌ها قادرند نیتروژن را از سوبسترا جذب نموده و با انرژی حاصل از تجزیه ترکیبات لیگنوسلولز، پروتئین مورد نیاز خود را بسازند (اشمیت، ۲۰۰۷). بنابراین در توده سلولی قارچ پروتئین خام وجود دارد و با افزودن میسلیوم به کاه، پروتئین خام آن افزایش خواهد یافت (بِگ و همکاران، ۱۹۸۶؛ یالچ و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش‌های انجام شده روی سایر قارچ‌های پوسیدگی سفید (میسرا و همکاران، ۲۰۰۷؛ فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ ناصحی و همکاران، ۱۳۹۱) و قارچ رنگین‌کمان (شیواستاوا و همکاران، ۲۰۱۱؛ توِین و همکاران، ۲۰۱۲) مطابقت داشت. همچنین افزایش پروتئین خام ممکن است بر اثر حذف ترکیبات ضدتغذیه‌ای مثل اسیدفایتیک، تانن‌ها و فنول‌ها توسط قارچ به‌وجود آید (بروسولی و همکاران، ۲۰۱۰).

1- Jalc

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کاه کلزا قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان (درصد در ماده خشک)

ترکیب شیمیایی	*تیمارهای آزمایشی			SEM**
	کاه کلزای شاهد	کاه کلزای فرآوری‌شده (۲۱ روز)	کاه کلزای فرآوری‌شده (۴۰ روز)	
ماده آلی	۹۳/۲۳ a	۹۱/۰۹ a	۸۷/۲۱ b	۰/۳۲
خاکستر خام	۶/۷۶ b	۸/۹۰ b	۱۲/۷۹ a	۰/۳۲
پروتئین خام	۵/۸۱ b	۷/۵۳ a	۶/۴۳ ab	۰/۱۳
کل ترکیبات فنولی	۱/۶۸ a	۱/۰۶۹ b	۱/۰۶۸ b	۰/۰۰۴
تانن	۱/۴۵ a	۰/۵۲ b	۰/۵۳ b	۰/۰۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۷۰/۱۳ a	۶۳/۶۸ b	۵۸/۶۲ c	۰/۶۹
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۴۸/۱۳ a	۴۵/۴۱ a	۴۳/۵۵ a	۰/۷۳
لیگنین نامحلول در اسید	۱۰/۱۳ a	۹/۸۱ ab	۸/۷۵ b	۰/۲۰
همی‌سلولز	۲۲/۰۰ a	۱۸/۲۷ b	۱۵/۰۷ c	۰/۲۸
سلولز	۳۸/۰۰ a	۳۵/۶۰ a	۳۴/۸۰ a	۰/۶۲
کیتین	-	۳/۱۳ b	۴/۲۰ a	۰/۰۶

*حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

** انحراف معیار میانگین

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مقدار کل ترکیبات فنولی و تانن پس از ۲۱ روز فرآوری، کاهش یافت و تا روز ۴۰ تغییر معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵). آنزیم لاکاز در قارچ‌های پوسیدگی سفید یک پلی‌فنول اکسیداز است و دامنه وسیعی از سوبستراها، ترجیحاً ترکیبات فنولی را اکسید می‌کند (نیلادِوی، ۲۰۰۹). اسیدهای فنولیک می‌توانند به‌طور فیزیکی و متابولیکی مانع هضم میکروبی کربوهیدرات‌های ساختمانی در شکمبه شوند. با این وجود هنوز مکانیسم واقعی این ممانعت مشخص نشده‌است (کاروناناندا و وارگا، ۱۹۹۶).

همه قارچ‌ها به‌میزان زیادی ترکیبات دیواره سلولی را تجزیه می‌کنند. این به‌دلیل زیستگاه طبیعی قارچ‌های پوسیدگی سفید است که برای تأمین انرژی به کربن آلی (منابع لیگنوسلولز) وابسته هستند (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی پس از فرآوری قابل پیش‌بینی بود و با افزایش زمان فرآوری، کاهش معنی‌داری در الیاف نامحلول در شوینده خنثی و همی‌سلولز مشاهده شد (P<۰/۰۵) (جدول ۱). همی‌سلولز با پیوند کووالانسی از طریق باندهای اتر یا استر به لیگنین متصل است، برخی از قارچ‌ها آنزیم فرولویل استراز[1] دارند که می‌تواند این باندها را تجزیه کند. 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 (توین و همکاران، ۲۰۱۲). کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و همی‌سلولز کاه فرآوری‌شده در این آزمایش با مشاهدات سایرین در خصوص فرآوری کاه کلزا (رامیرِز-بریبیسکا و همکاران، ۲۰۱۱) و کاه گندم (شیواستاوا و همکاران، ۲۰۱۱؛ توین و همکاران، ۲۰۱۲) با قارچ رنگین‌کمان همخوانی داشت. جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که مقدار لیگنین در کاه کلزای فرآوری‌شده به مدت ۴۰ روز کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). بر اساس یافته‌های توین و همکاران (۲۰۱۲)، در بین ۱۱ قارچ پوسیدگی سفید بیشترین کاهش لیگنین در کاه گندم فرآوری‌شده با قارچ رنگین‌کمان به مدت 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 به دست آوردند. در مدت رشد رویشی قارچ‌ها، فرایند لیگنین‌زدایی با تجزیه سلولز همراه است (توین و همکاران، ۲۰۱۲). میکروارگانیزم ایده‌آل برای تبدیل مواد لیگنوسلولزی به خوراک دام باید ترکیبی از قابلیت بالای لیگنین‌زدایی و تجزیه کم سلولز و همی‌سلولز را دارا باشد (سادراژیل و همکاران، ۱۹۹۹).

جدول ۱ نشان می‌دهد که در این آزمایش تغییرات در الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و سلولز کاه کلزای فرآوری شده نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. بر خلاف این نتایج، در آزمایش توین و همکاران (۲۰۱۲) کاهش معنی‌داری در سلولز کاه گندم به‌وجود آمد. بر اساس مشاهدات یالچ و همکاران

1- Feruloyl esterase

(۱۹۹۸) بر اثر فرآوری کاه گندم با ۱۳ گونه بازیدیومیسِت، مقدار سلولز کاه در برخی گونه‌ها کاهش و در برخی افزایش یافت و در برخی نیز بدون تغییر بود. علاوه بر این، اختلاف مشاهده‌شده می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع ماده مصرفی و مقیاس فرآوری نیز باشد (سادراژیل، ۱۹۹۷).

در جدول ۱، مقدار کیتین موجود در کاه فرآوری‌شده بر اساس درصد در ماده خشک کاه بیان شده‌است. کیتین در دیواره سلولی و غشای میسلیوم وجود دارد و مقدار آن می‌تواند بیانگر میزان رشد قارچ باشد (ماریو و همکاران، ۲۰۰۸). کاه فرآوری‌شده مخلوطی از کاه و میسلیوم قارچ است، بنابر این اندازه‌گیری توده قارچ (کیتین) در این مخلوط بسیار مشکل است. به همین دلیل در آزمایش‌هایی که تا کنون انجام شده میسلیوم به‌طور جداگانه کشت و مقدار کیتین آن اندازه‌گیری شده‌است (آرورا و شارما، ۲۰۱۱). بر اساس یافته‌های ماریو و همکاران (۲۰۰۸) مقدار کیتین در میسلیوم خالص قارچ رنگین‌کمان پس از ۲۱ روز، ۱۳/۱٪ بود. در آزمایش حاضر (جدول ۱)، مقدار کیتین در مدت ۴۰ روز فرآوری افزایش معنی‌داری نسبت به ۲۱ روز داشت (P<۰/۰۵) و این نشان می‌دهد با افزایش زمان، قارچ رشد بیشتری داشته‌است. کاهش معنی‌دار مواد آلی در این تیمار نیز این مسئله را تأیید می‌کند.

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه کلزا قبل و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان در زمان‌های مختلف انکوباسیون در شکمبه در جدول ۲ گزارش شده‌است.

جدول ۲- تجزیه‌پذیری ماده خشک (درصد) کاه کلزا قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان در زمان‌های مختلف (ساعت) انکوباسیون در شکمبه

زمان (ساعت) انکوباسیون	*تیمارهای آزمایشی			**SEM
	کاه کلزای شاهد	کاه کلزای فرآوری‌شده (۲۱ روز)	کاه کلزای فرآوری‌شده (۴۰ روز)	
صفر	۱۶/۲۶ b	۲۰/۶۰ a	۲۰/۱۶ a	۰/۴۴
۶	۲۳/۸۰ b	۲۸/۴۳ a	۲۸/۷۰ a	۰/۳۹
۱۲	۲۸/۲۰ b	۲۹/۲۶ b	۳۴/۶۳ a	۰/۲۳
۲۴	۳۲/۴۶ b	۳۰/۱۶ b	۴۱/۶۰ a	۰/۴۲
۴۸	۳۴/۹۰ b	۳۰/۶۶ b	۴۶/۵۶ a	۰/۷۹
۷۲	۳۵/۴۰ b	۳۰/۷۶ b	۴۷/۷۶ a	۰/۹۱
۹۶	۳۵/۵۳ b	۳۰/۷۶ b	۵۰/۷۰ a	۱/۰۶

*حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

** انحراف معیار میانگین

با توجه به این جدول، در کاه کلزای فرآوری‌شده به مدت ۲۱ روز تجزیه‌پذیری ماده خشک تنها در زمان‌های صفر و ۶ ساعت افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و در بقیه زمان‌ها تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (P<۰/۰۵). درحالی‌که درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه کلزای فرآوری‌شده به‌مدت ۴۰ روز ، در همه زمان‌های انکوباسیون نسبت به کاه فرآوری‌نشده افزایش یافت و همچنین در زمان‌های ۱۲ تا ۹۶ ساعت نسبت به تیمار ۲۱ روز، افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد (P<۰/۰۵).این مسئله می‌تواند به دلیل کاهش معنی‌دار دیواره سلولی به خصوص لیگنین در این تیمار باشد. نتایج تجزیه چند نوع خوراک توسط قارچ‌های شکمبه نشان داد خوراکی که بیشترین لیگنین را داشت به مقدار کمتری تجزیه شد (قورچی و همکاران، ۱۳۸۲). البته در نتیجه برخی آزمایش‌ها گزارش شد که مقدار تجزیه لیگنین با تغییر در قابلیت هضم مرتبط نبود (سادراژیل و پونیا، ۱۹۹۵؛ توِین و همکاران، ۲۰۱۲).

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کاه کلزا قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان در جدول ۳ نشان داده شده‌است. مقدار بخش سریع تجزیه در شکمبه یا محلول در آب (a) در تیمارهای کاه فرآوری‌شده (۲۱ و ۴۰ روز) افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). پس از تشکیل میسلیوم قارچ روی بستر، بخش زیادی از الیاف و پلی‌ساکاریدها بر اثر آنزیم‌های برون‌سلولی قارچ تجزیه می‌شود و اجزای محلول در آب و محلول در شوینده خنثی افزایش می‌یابند (اوکانو و همکاران، ۲۰۰۵). به همین دلیل بخش a پس از فرآوری افزایش یافت. این نتایج مطابق با گزارش‌های ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و فضائلی و

همکاران (۲۰۰۴) مربوط به فرآوری کاه گندم با قارچ صدفی بود. بخش کندتجزیه (b) در کاه کلزای فرآوری‌شده به مدت ۲۱ روز کاهش معنی‌داری نشان داد اما پس از ۴۰ روز فرآوری افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). بخش b شامل مواد نامحلول در آب است که پتانسیل تجزیه شدن در شکمبه را دارند و افزایش آن در این آزمایش، مقدار تجزیه‌پذیری کل (a+b) را افزایش داد. یافته‌های ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) و فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) در مورد فرآوری با قارچ‌های صدفی، با این آزمایش مطابقت داشت. در پژوهش رامیرِز-بریبیسکا و همکاران (۲۰۱۱) قابلیت هضم برون‌تنی کاه کلزا بر اثر فرآوری با قارچ رنگین‌کمان کاهش یافت. تغییر نرخ ثابت تجزیه‌پذیری (c) در بین تیمارها معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵) که مطابق با نتایج ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) در مورد کاه کانولا بود.

جدول ۳- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک (درصد) کاه کلزا قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری	*تیمارهای آزمایشی			SEM**
	کاه کلزای شاهد	کاه کلزای فرآوری‌شده (۲۱ روز)	کاه کلزای فرآوری‌شده (۴۰ روز)	
a	۱۶/۲۷ b	۲۰/۵۶ a	۲۰/۱۷ a	۰/۴۵
b	۱۹/۲۸ b	۱۰/۱۸ c	۲۷/۹۷ a	۰/۵۷
a+b	۳۵/۵۶ b	۳۰/۷۴ b	۴۸/۱۴ a	۰/۹۷
c	۰/۰۸ a	۱/۱۳ a	۰/۰۶ a	۰/۱۸
تجزیه‌پذیری مؤثر (٪)				
۲	۳۱/۶۳ b	۲۹/۹۰ b	۴۱/۱۶ a	۰/۵۳
۵	۲۸/۰۶ b	۲۹/۰۶ b	۳۵/۵۰ a	۰/۲۹
۸	۲۵/۹۳ c	۲۸/۵۳ b	۳۲/۲۳ a	۰/۲۷

*حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).

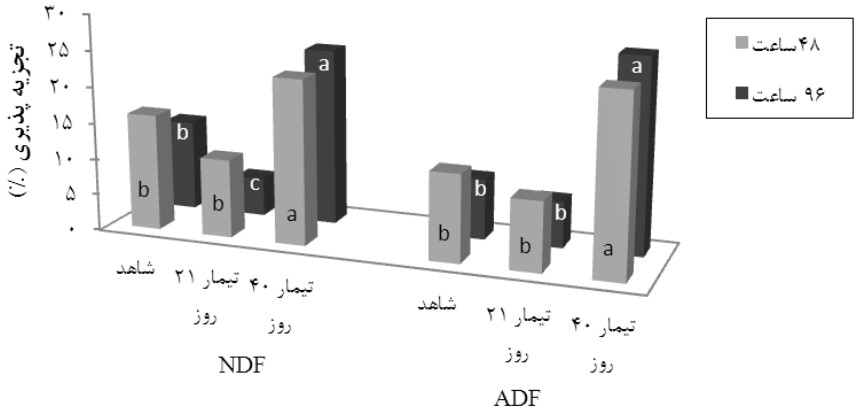
** انحراف معیار میانگین

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

در آزمایش فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) که چند گونه قارچ صدفی به مدت ۲۱ روز روی کاه گندم کشت شد، افزایش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه فرآوری‌شده نسبت به شاهد در برخی تیمارها معنی‌دار بود. این اختلاف در نتایج ممکن است به‌دلیل تفاوت در نوع قارچ، نوع ماده مصرفی و شرایط کشت باشد (سادراژیل و همکاران، ۱۹۹۹). تجزیه‌پذیری مؤثر کاه کلزای فرآوری‌شده به مدت ۲۱ روز، تنها در نرخ عبور ۸ درصد افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). اما در کاه کلزا پس از ۴۰ روز فرآوری، افزایش معنی‌داری در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد (P<۰/۰۵). در آزمایش ناصحی و همکاران (۱۳۹۱) کاه کانولا به مدت ۲۱ روز با قارچ صدفی فلوریدا در مقیاس آزمایشگاهی فرآوری شد و تجزیه‌پذیری مؤثر کاه در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نسبت به شـاهد افزایش یافت. نتایج آزمایش سادراژیل (۱۹۹۷) نشان داد قابلیت هضـم کاه فرآوری‌شده در شرایط آزمایشـگاهی بیشتر از مقیاس بزرگ و صنعتی بود. به‌طور کلی، افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر کاه بر اثر فرآوری با قارچ، با نتایج پژوهش‌ها در مورد فرآوری با قارچ‌های صدفی (فضائلی و همکاران، ۲۰۰۴) و قارچ *Lentinus tuberregium* (فلاخوسکی و همکاران، ۲۰۰۱) همخوانی داشت. در مدت رشد ونمو قارچ، موادی که به آسانی حل می‌شوند (عموماً قندها و فنول‌ها) در مقادیر زیاد آزاد می‌شوند. این مواد، به‌ویژه قندها وقتی درسوبسترا تجمع می‌یابند باعث افزایش قابلیت تخمیر کاه توسط میکروارگانیزم‌های شکمبه می‌شوند (سادراژیل، ۱۹۹۷). همچنین در پی فرآوری بقایای محصولات کشاورزی با قارچ و تجزیه دیواره سلولی سوبسترا، میکروارگانیزم‌های 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).

در شکل ۱ درصد تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌ها برای

زمان‌های انکوباسیون ۴۸ و ۹۶ ساعت نشان داده شده‌است. بر اساس این نمودار تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی در زمان‌های ۴۸ و ۹۶ ساعت انکوباسیون در شکمبه، در تیمار ۴۰ روز (به ترتیب ۲۲/۶۸ و ۲۴/۳۱ درصد) نسبت به تیمار ۲۱ روز (۱۰/۵۷ و ۵/۲۵ درصد) و شاهد (۱۵/۹۹ و ۱۲/۴۶ درصد) افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تیمار ۴۰ روز نیز در مدت ۴۸ و ۹۶ ساعت انکوباسیون در شکمبه (به ترتیب ۲۴/۷۵ و ۲۶/۷۷) نسبت به تیمارهای ۲۱ روز (۹/۶۰ و ۶/۳۵) و شاهد (۱۲/۰۶ و ۸/۳۳) به مقدار معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵).



شکل ۱- تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) (درصد) کاه کلزا قبل (شاهد) و بعد از فرآوری با قارچ رنگین‌کمان در زمان‌های ۴۸ و ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای

تجزیه الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در شکمبه می‌تواند بیانگر تجزیه سلولز توسط میکروارگانیزم‌ها باشد زیرا که لیگنین به‌مقدار ناچیزی در شکمبه تجزیه می‌شود (قورچی و همکاران، ۱۳۸۲). در آزمایش فضائلی و همکاران (۲۰۰۴) روی فرآوری کاه گندم با قارچ‌های صدفی به‌مدت ۲۱ روز، افزایش تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تیمارهای قارچی در زمان ۴۸ ساعت انکوباسیون گزارش شده‌بود.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش، با تغییر مدت زمان کشت قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) روی کاه کلزا نتایج متفاوتی مشاهده شد. براساس مقدار کیتین، قارچ در مدت ۴۰ روز رشد بیشتری روی کاه کلزا داشت و در این مدت موجب کاهش همی‌سلولز، لیگنین و تانن در آن شد. یافته‌ها و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک نیز در این تیمار، نتایج بهتری را نشان داد. همچنین در فرآوری کاه کلزا به‌مدت ۴۰ روز تجزیه‌پذیری دیواره سلولی در شکمبه به‌میزان قابل توجهی بهبود یافت. کیتین موجود در این خوراک نیز می‌تواند به‌عنوان یک منبع بالقوه انرژی در نشخوارکنندگان مورد بررسی قرار گیرد. بنابر نتایج این آزمایش می‌توان از قارچ رنگین‌کمان برای فرآوری کاه کلزا (به مدت ۴۰ روز) و تبدیل آن به خوراکی با ارزش تغذیه‌ای بیشتر برای نشخوارکنندگان استفاده کرد.

منابع

آمارنامه کشاورزی جلد اول: محصولات زراعی سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹. ۱۳۹۰. تهران: وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

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

قورچی، ت.، رحیمی، ش.، رضائیان، م. و قربانی، غ. ر.، ۱۳۸۲. تجزیه ماده خشک و الیاف پنج نوع ماده خوراکی به‌وسیله قارچ‌های بی‌هوازی شکمبه گوسفند. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال هفتم، شماره ۲، صفحات ۱۴۹-۱۴۱.

ناصحی، م.، تربتی‌نژاد، ن. م.، زره‌داران، س. و صفایی، ا. ر.، ۱۳۹۱. بررسی تجزیه‌پذیری کاه سویا و کانولای عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس فلوریدا* به روش کیسه‌های نایلونی در گوسفند. پنجمین کنگره علوم دامی ایران. ۸ و ۹ شهریور ۱۳۹۱، دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحات ۱۳۲۱-۱۳۱۷.

هادی‌زاده تثبیتی، ع. ر.، میرهادی، ا. و غلامی، ح.، ۱۳۷۶. لیگنین‌زدایی بیولوژیکی کاه گندم با استفاده از بازیدیومیست *Phanerochaete chrysosporium*. مجله پژوهش و سازندگی. شماره 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 Kopecny, J., 2008. Chitinolytic activity of the sheep rumen ciliate *Diploplastron affine*. Folia Microbiology. 53 (3): 201-203.

Brozzoli, V., Bartocci, S., Terramoccia, S., Contò, G., Federici, F., D`Annibale, A. and Petruccioli, M., 2010. Stoned olive pomace fermentation with *Pleurotus* species and its evaluation as a possible animal feed. Enzyme and Microbial Technology. 46: 223-228.

Fazaeli, H., Mahmodzadeh, 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 of Animal Science. 17(12): 1681-1688.

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 (Abstract).

Jalc, D., Nerud, F. and Siroka, P., 1998. The effectiveness of biological treatment of wheat straw by white-rot fungi. Folia Microbiol. 43 (6): 687-689.

Karunanandaa, K. and Varga, G.A., 1996. Colonization of crop residues by white-rot fungi: cell wall monosaccharides, phenolic acids, ruminal fermentation characteristics and digestibility of cell wall fiber components *in vitro*. Animal Feed Science and Technology. 63: 273-288.

Komarek, A. R., 1994. Fiber analysis system. United States Patent. 5, 370, 007.

Makkar, H.P.S., Blummel, M., Borowy, N.K., Becker, K., 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. Journal of Science and Food Agriculture. 61: 161-165.

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.

Misra,A. K., Mishra, A. S., Tripathi, M. K., Prasad, R., Vaithiyanathan, S. and Jakhmola, R. C., 2007.Optimization of solid state fermentation of mustard (*Brassica campestris*) straw for production of animal feed by white rot fungi (*Ganoderma lucidum*). Asian- Australian Journal of Animal Science. 20 (2): 208-213.

Niladevi, K.N., 2009. Part III Biotechnological potential of agro-industrial residues for bioprocesses: ligninolytic enzymes. In: Nigam, P. S. and Pandey, A. (Eds.), Biotechnology for Agro-industrial Residues Utilization. 1 edition, Springer, pp. 397-414.

Official Methods of Analysis of AOAC International (2005) 18th Ed., AOAC international. Gaithersburg, MD, USA, Official Method 2005.

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.

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.

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.

Raghuwanshi, S., Misra, S. and Saxena, R. K., 2014. Treatment of wheat straw using tannase and white-rot fungus to improve feed utilization by ruminants. Journal of Animal Science and Biotechnology. 5(13): 1-8.

Ramirez-Bribiesca, J. E., Wang, Y., Jin, L., Canam, T., Town, J. R., Tsang, A., Dumonceaux, T. J. and McAllister T. A., 2011. Chemical characterization and in vitro fermentation of Brassica straw treated with the aerobic fungus, Trametes versicolor. Canadian Journal of Animal Science. 91: 695-702.

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 of Animal Science. 23 (5): 680-692.

Schmidt, O., 2007. Wood and Tree Fungi. Springer, Germany.

Shinners-Carnelley, T. C. and Tewari, J. P., 2000. Decomposition of canola stubble by solid-state fermentation with *Cyathus olla*. Phytoprotection. 81(2): 87-94.

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., 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.

Van Soest, P. J, Robertson, J. B. and Lewis, B. A., 1991. Methods of dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74 (10): 3583-3597.

Zadrazil, F., 1980. Conversion of different plant waste into feed by Basidiomycetes. European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology. 9: 243-248.

Zadrazil, F. and Puniya, A.K., 1995. Studies on the effect of particle size on solid-state fermentation of sugarcane bagasse into animal feed using white-rot fungi. Bioresource Technology. 54:85-87.

Zadrazil, F., 1997. Changes in *in vitro* digestibility of wheat straw during fungal growth and after harvest of oyster mushrooms *(Pleurotus* spp.) on laboratory and industrial scale. Journal of Applied Animal Research. 11: 37-48.

Zadrazil, F., Permana, I. G. and Carsten., 1999. Is the conversion of lignocellulose into feed with white rot fungi realizable? Practical problems of scale up and technology transfer. Deutscher Tropentag 1999 in Berlin, Sustainable Technology Development in Animal Agriculture. pp.1- 10.

Determining the amount of chitin and degradation of dry matter and cell wall in treated rapeseed straw by white rot fungus *Trametes versicolor*

A. Mehrabi[1*], T. Ghoorchi[2] and S.E. Razavi[3]

1- 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 and 3- Assistant Professor, Dept. of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
*Corresponding Author Email: atieh_mehrabi@yahoo.com

Submitted: 25 August 2014 **Accepted: 10 October 2015**

Abstract

In this study, the effect of white rot fungus *Trametes versicolor* on chemical composition and rumen degradability of rapeseed (*Brassica napus*) straw was investigated. Rapeseed straw was inoculated with fungus mycelium and kept in plastic bags for 21 and 40 days. Then straw was dried and milled. Chemical compositions of treated and untreated samples were measured by standard methods and their rumen degradability was estimated using the nylon bag technique by 3 rams. The results showed that the loss of organic matter (OM) only in treated rapeseed straw for 40 days was significant, compared with control ($P<0.05$). Crude protein (CP) content in treated rapeseed straw for 21 days was significantly higher than control and was not significant with increasing days of fermentation to 40. After treatment with fungus for 40 days, the amount of neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose and lignin (ADL) reduced ($P<0.05$). Total phenolic compounds and tannins in treated straw for 21 days decreased and thereafter at day 40th was not changed ($P<0.05$). Amount of chitin/dry matter in treated rapeseed straw for 40 days increased, compared with day 21th ($P<0.05$). According to degradability parameters of dry matter, total degradability (a+b) of rapeseed straw showed a significant increase after 40 days treatment ($P<0.05$). As well as rumen degradability of cell wall constituents in treated rapeseed straw for 40 days was enhanced considerably. The findings showed that treated rapeseed straw by *Trametes versicolor* has the potential to be a valuable feed source for ruminants.

Keywords: Biological treatment, Rapeseed straw, White rot fungi, Rumen degradability