دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

# تأثیر فرآوری ذرت سیلوشده با قارچ شیزوفیلوم کمون بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تولید گاز در شرایط برون‌تنی

مریم ثاقبی[۱]، حامد خلیل‌وندی بهروزیار[۲]، رسول پیرمحمدی[۳] و مریم دنیادوست چلان[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم دامی دانشگاه
۲- استادیار گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: h.khalilvandi@urmia.ac.ir)
۳- استاد گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه
۴- دانش‌آموخته دکتری واحد تحقیق و توسعه شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴
صفحه: ۷۳ تا ۸۳

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** برای غلبه بر مشکلات ناشی از کمبود خوراک دام ، تلاش می‌شود دسترسی به مواد مغذی خوراک‌ها و قابلیت هضم آن‌ها افزایش یابد که از جمله‌ی این تلاش‌ها می‌توان به بهبود ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای با استفاده از فرآوری بیولوژیکی اشاره کرد. شیزوفیلوم کمون یک قارچ خوراکی از خانواده بازیدومیست‌ها است که برای فراوری زیستی علوفه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت مایع و کشت جامد بر ترکیب شیمیایی، حجم گاز تولیدی، تجزیه‌پذیری ماده خشک، تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدهای چرب فرار تولیدی ذرت سیلوشده بود.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور فراوری، یک قسمت ۱×۱ (سانتی‌مترمربع) از قارچ هفت‌روزه رشد یافته در محیط کشت جامد حاوی سیب‌زمینی، دکستروز و آگار به درون محفظه شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ گرم ذرت سیلوشده استریل و خیس شده تلقیح شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر از محیط کشت مایع حاوی آنزیم‌های مترشحه پس از فیلتراسیون قارچ‌های رویی مایع به درون محفظه شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ گرم ذرت سیلوشده استریل و خیس شده تلقیح و به مدت ۲۵روز در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. میزان تولید گاز تیمارها در ویال‌های شیشه‌ای و تجزیه‌پذیری با استفاده از کیسه‌های نایلونی و سه رأس گاو هلشتاین فیستولا گذاری شده، اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** فراوری ذرت سیلوشده با هر دو روش کشت سبب کاهش ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد ($p<0/05$). مقدار پروتئین در گروه‌های تیمار شده نسبت به گروه شاهد افزایش یافت و فراوری به روش کشت جامد بیش‌ترین تاثیر را در تغییر مقدار پروتئین سیلاژ داشت. الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی در گروه تیمارها افزایش یافت. ذرت سیلوشده فراوری‌شده به روش کشت جامد حجم گاز تولیدی، گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم بیش‌تری را نسبت به کشت مایع و گروه شاهد نشان داد. فراوری به روش کشت جامد تأثیری بر تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ نداشت اما فراوری به روش کشت مایع سبب کاهش تجزیه‌پذیری شد. فراوری به روش کشت مایع سبب افزایش مقدار کل اسیدهای چرب فرار تولیدی شد. فراوری ذرت سیلوشده با هر دو روش کشت جامد و مایع تأثیری در مقدار نیتروژن آمونیاکی نداشت.

**نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی نتایج نشان داد که فراوری ذرت سیلوشده به روش کشت جامد و کشت مایع سبب افزایش مقدار پروتئین، حجم گاز تولیدی، انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی شد ، اما به دلیل ماهیت نوع فعالیت آنزیمی قارچ شیزوفیلوم کمون مقدار تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرت سیلوشده فراوری‌شده کاهش یافت.

**واژه‌های کلیدی:** ارزش غذایی، الیاف نامحلول درشوینده خنثی، تخمیر زیستی، قارچ شیزوفیلوم کمون، لیگنین

## مقدمه

افزایش رو به رشد جمعیت انسانی سبب افزایش تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی به مناطق تجاری شده است؛ بنابراین کشورهایی که دارای اقتصاد مبتنی بر کشاورزی هستند، با محدودیت کمبود خوراک دام و تأثیر منفی آن بر سلامت حیوانات نشخوارکننده مواجه هستند. برای غلبه بر مشکلات مرتبط با کاهش زمین‌های زراعی موجود و افزایش تقاضا برای تولیدات دامی ، تلاش می‌شود ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای بهبود یابد (۲۴). بهبود ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای با استفاده از فراوری‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی میسر خواهد بود (۲۶). ذرت سیلوشده یکی از مهم‌ترین علوفه‌ها در تغذیه حیوانات نشخوارکننده می‌باشد و از مزایای آن می‌توان به مقدار بالای مواد مغذی، خوش‌طعم بودن و قابلیت هضم بالا اشاره کرد (۳۹). افزایش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلوی ذرت ممکن است جذب و استفاده از سایر مواد مغذی را مهار کند (۱۰)؛ بنابراین به‌منظور جلوگیری از کاهش ارزش تغذیه‌ای ذرت سیلوشده، بهبود کیفیت و تخمیر مناسب علوفه‌های سیلاژ شده بسیار مهم است. مجموعه لیگنینوسلولزی موجود در دیواره سلولی گیاهان علوفه‌ای یکی از بزرگترین محدودیت‌ها در استفاده از مواد مغذی و انرژی موجود در الیاف می‌باشد. در گذشته ابهاماتی در مورد نحوه تاثیر فرآوری‌های بیولوژیکی مانند استفاده از آنزیم‌های تجزیه کننده الیاف و مخمرهای زنده بر هضم فیبر علوفه وجود داشت، اما اخیرا نتایج نشان می‌دهند که اثرات این نوع فراوری‌ها بر مقدار هضم فیبر مثبت بوده است (۱). استفاده از قارچ‌ها یکی از روش‌های فرآوری بیولوژیکی برای حذف لیگنین و افزایش قابلیت هضم علوفه‌ها می‌باشد (۲۷). قارچ‌های پوسیدگی سفید[1] قادر به تجزیه دیواره سلولی گیاهان هستند (۱۲). در طول رشد قارچ روی سوبسترا ابتدا کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم به قندهای ساده‌تری تبدیل می‌شوند که این فرایند متابولیسم اولیه نامیده می‌شود. این قندها به‌طور کامل توسط قارچ مصرف می‌شوند و سپس متابولیسم ثانویه آغاز می‌شود که شامل تجزیه کربوهیدرات‌های ساختاری و لیگنین توسط آنزیم‌های خارج سلولی مانند لاکاز، منگنزپراکسیداز و پراکسیداز می‌باشد (۵). شیزوفیلوم کمون یک قارچ خوراکی از خانواده بازیدومیست‌ها است. سطح آنزیم تولیدی در این قارچ به‌طور معنی‌داری تحت

1-White rot fungi

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

تأثیر زمان انکوباسیون سوبسترا با قارچ قرار می‌گیرد. به‌طوری که بیشترین سطح آنزیم لاکاز، منگنزپراکسیداز و لیگنین پراکسیداز، ۱۴۴ ساعت پس از انکوباسیون حاصل می‌شود. یکی از ترکیبات دیگری که توسط این قارچ تولید می‌شود مجموعه کیتین گلوکان می‌باشد. مجموعه کیتین گلوکان یک کوپلیمری از دی گلوکز آمین، N –استیل گلوکز آمین و گلوکز است. در شرایط بهینه رشد، مقدار وزن سلول خشک ۳/۵۰ گرم در لیتر و میزان مجموعه کیتین گلوکان تولیدشده ۲/۹ گرم در لیتر در کشت مایع قارچ شیزوفیلوم می‌باشد (۳۸). اسپری آنزیم لاکاز حاصل از شیزوفیلوم (لاکاز حاصل از کشت مایع، لاکاز حاصل از کشت جامد و لاکاز خالص‌شده) روی کاه گندم، کاه ذرت و کاه سورگوم سبب کاهش تدریجی در مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاه‌ها شد. به دلیل تجزیه لیگنین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نیز کاهش یافت. کل نتایج حاصله نشان داد که ترکیبات دیواره سلولی تمامی کاه‌ها توسط آنزیم لاکاز تجزیه شده و درنتیجه سبب افزایش گوارش‌پذیری کاه‌ها می‌شود (۱۵). قارچ شیزوفیلوم کمون به‌عنوان یک قارچ پوسیدگی سفید به دلیل داشتن مجموعه آنزیمی لیگنینوسلولازی ممکن است سبب بهبود هضم الیاف دیواره سلولی ذرت سیلوشده شود بنابراین این آزمایش جهت تعیین ترکیب شیمیایی، حجم گاز تولیدی، تجزیه‌پذیری ماده خشک، تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدهای چرب فرار تولیدی به روش آزمایشگاهی از ذرت سیلوشده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم کمون تحت شرایط کشت مایع و کشت جامد انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی نمونه‌ها و تلقیح قارچ

ذرت سیلوشده از مزرعه علوم دامی دانشگاه ارومیه تهیه گردید و قارچ شیزوفیلوم کمون از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی ایران) خریداری شد. جهت کشت جامد، ابتدا ذرت سیلوشده ۱۲ ساعت در آب خیسانده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در درون اتوکلاو (ریحان طب،RT2، ایران) با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استریل گردید. یک قسمت ۱×۱ (سانتی‌متر مربع) از قارچ رشد یافته ۷ روزه روی پتری‌های حاوی سیب‌زمینی دکستروز آگار به درون هر شیشه حاوی ۲۰۰ گرم ذرت سیلوشده استریل شده در زیر هود میکروزیستی استریل ( Lamin air class2, flow) منتقل شد (۸) و به مدت ۲۵ روز در درون انکوباتور با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (۳۷). جهت کشت مایع، ۱۰ قسمت ۱×۱ (سانتی‌متر مربع) از قارچ رشد یافته بر روی پتری‌های حاوی سیب‌زمینی دکستروز آگار به درون ارلن‌های استریل یک لیتری حاوی سیب‌زمینی دکستروز (PDB) منتقل شد (۲۵). ارلن‌های حاوی محیط کشت مایع و قارچ به مدت ۷ روز روی شیکرانکوباتور (پویش طب آداک، ایران) با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه و دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (۷). پس از ۷ روز محتویات درون ارلن‌ها توسط کاغذ صافی صاف گردید و ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده در زیر هود میکروزیستی استریل به درون شیشه‌های حاوی ۲۰۰ گرم ذرت سیلوشده که قبلاً مقداری آب بر روی آن‌ها اسپری شده بود و توسط اتوکلاو استریل گردیده بود منتقل شد. ذرت سیلوشده حاصل به مدت ۲۵ روز در درون انکوباتور با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. ذرت سیلوشده پس از گذشت ۲۵ روز از درون شیشه‌ها بیرون آورده شد و به مدت ۴ روز در دمای ۶۰–۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید.

### تعیین ترکیب شیمیایی

کلیه نمونه‌ها با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب گردید. ترکیب شیمیایی ذرت سیلوشده فرآوری‌شده و فرآوری نشده ازجمله مقادیر ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام بر اساس روش استاندارد (۳) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش فیلتر بگ (۱۴) و محلول‌های شوینده ونسوست و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از سیستم اندازه‌گیری آنکوم اندازه‌گیری شد (۳۵). برای اندازه‌گیری الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی از محتویات درون کیسه‌های نایلونی پس از ۲۴۰ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای استفاده شد و مقدار آن توسط روش بیان‌شده توسط سوفی‌زاده و همکاران (۳۰) محاسبه گردید.

### آزمون تولید گاز و تعیین فراسنجه‌های شکمبه‌ای

به‌منظور تعیین گاز تولیدی از روش تئودورا و همکاران (۳۲) استفاده شد. مایع شکمبه پیش از خوراک صبحگاهی از سه رأس گاو نر هلشتاین دارای فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد. مایع شکمبه توسط یک پارچه تنظیف چهار لایه صاف گردید و با نسبت ۱ به ۲ با محلول بافر (۱۷) مخلوط گردید. ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه ذرت سیلوشده آسیاب شده درون ویال‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط بافر و مایع شکمبه به آن اضافه گردید. درب ویال‌ها توسط درپوش پلاستیکی و آلومینیومی به‌طور کامل بسته و در حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد برای انکوباسیون قرار داده شد. فشار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت توسط دستگاه فشارسنج اندازه‌گیری شد. سپس با رسم نمودار در نرم‌افزار Excel، معادله نمایی منحنی به دست آمد و داده‌های فشار به حجم گاز تبدیل شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط معادله McDonald و Orskov (۲۳) و نرم‌افزار SAS انجام شد. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم بر اساس فرمول‌های ارائه شده توسط منکی و همکاران (۱۸) محاسبه گردید. به‌منظور تعیین میزان اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی از شیشه‌های انکوباسیون مجزا با ۲۴ ساعت زمان انکوباسیون، هنگام انجام آزمون تولید گاز در شکمبه استفاده شد. محتویات درون شیشه‌ها با یک میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۵۰ درصد با نسبت ۱ به ۵۰ مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و در دمای ۲۰– درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار از فام نگاری گازی با ستون موئین استفاده شد. نیتروژن آمونیاکی با استفاده از سنجش دستگاه میکروپلت ریدر (مدل Garni کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (۱۱،۲۸).

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

**تعیین تجزیه‌پذیری با روش کیسه‌های نایلونی**

تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از ۳ رأس گاو نر بالغ اخته فیستوله گذاری شده نژاد هلشتاین که در سطح ۱۰ درصد بالاتر از نیاز انرژی نگهداری (AFRC ۱۹۹۵)[1] تغذیه شدند، انجام گرفت. جیره مصرفی (یونجه خردشده، ذرت سیلوشده و دانه جو آسیاب شده به نسبت ۱ به ۱ علوفه به جو) حیوانات مورد آزمایش به روش پیشنهادی AFRC (۱۹۹۲) تهیه و در دو وعده صبح و بعدازظهر در ساعات ۸:۰۰ و ۱۸:۰۰ به حیوانات داده شد. حیوانات در جایگاه انفرادی نگهداری شدند و آب و سنگ نمک در طول شبانه‌روز به‌صورت اختیاری در دسترس آن‌ها قرار گرفت. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری از کیسه‌های پلی‌استر با ابعاد ۸×۱۸ سانتی‌متر، با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. مقدار ۵ گرم از نمونه‌های آسیاب شده (با قطر توری ۲ میلی‌متر) در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد تا نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه‌ها، برابر با ۱۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع شود. نمونه‌ها پیش از توزین، به‌منظور زدودن ذرات کمتر از ۵۰ میکرون با استفاده از الک با توری ۵۰ میکرون الک شدند. زمان قرار دادن نمونه‌ها در شکمبه بلافاصله قبل از خوراک‌دهی صبح بود و کیسه‌ها در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت از شکمبه خارج شدند. دو کیسه برای هر زمان انکوباسیون در شکمبه‌ی هر گاو قرار گرفت. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج شدن از شکمبه در آب سرد قرار داده‌شده و با دست به مدت ۲۰ دقیقه و تا صاف شدن آب خروجی از سطل، شستشو شدند. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه، با استفاده از آب ۳۹ درجه سلسیوس، همانند کیسه‌های خارج‌شده از شکمبه شسته شدند. کیسه‌ها پس از شستشو، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های مختلف عبور از شکمبه با استفاده از معادلات Orskov وMcDonald :

$p= a+b(1-e^{-ct})$ و $ED = a + \frac{bc}{kp+c}$

تعیین شدند که در این معادلات p درصد تجزیه پذیری در زمان t، a بخش سریع تجزیه و محلول، b بخش نامحلول ولی تجزیه پذیر، c سرعت تجزیه پذیری (درصد در ساعت)، e عدد نپری، ED تجزیه‌پذیری موثر و kp نرخ عبور می‌باشد.

غلظت ماده آلی قابل‌هضم و انرژی قابل متابولیسم با استفاده ازفرمول‌های زیر محاسبه شد (۱۷).

OMD=14/88+0/8893 GP+0/0448 CP+0/0651 CA

ME= 2/2 + 0/1357 GP + 0/057CP + 0/0002589CP2

در این معادلات، ME، GP، CP، CA وOMD به ترتیب معادل با انرژی قابل متابولیسم، میزان گاز تجمعی تولیدی در ۲۴ ساعت به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه، پروتئین خام، خاکستر خام و ماده آلی قابل‌هضم می باشد.

**تجزیه و تحلیل آماری**

داده‌های مربوط به تأثیر روش‌های مختلف فرآوری بر ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تولید گاز با استفاده از طرح کاملاً تصادفی ($Yi=\mu+Ti+ei$) و با استفاده از رویه‌ی مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) نرم‌افزار SAS9.1 (2002) مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. داده‌ها به‌صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد در جداول مربوطه گزارش‌شده و تصحیح داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و مقایسه میانگین‌ها با گزینه PDIFF در سطح احتمال آماری ۰/۹۵ ($p<۰/۰۵$) انجام شد.در آنالیز کینتیکی آزمون تولید گاز و تجزیه‌پذیری اثر زمان انکوباسیون (ساعت) به‌عنوان عامل تکرارشونده و اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع فرآوری در مدل قرار گرفت ($Yij=\mu+Ti+Itj+Titij+eij$).

(μ: میانگین جامعه؛ Ti: اثر تیمار؛ Itj: اثر زمان انکوباسیون؛ Titij: اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع فرآوری؛ eij: اثر اشتباه آزمایشی). آنالیز آماری با استفاده از PROC MIXED نرم‌افزار SAS 9.1 انجام و از ساختار کوواریانس نوع اول استفاده شد.

## نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی ذرت سیلوشده فرآوری شده و فرآوری نشده توسط قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت مایع و کشت جامد در جدول ۱ آورده شده است. تجزیه آماری داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی ذرت سیلوشده فراوری‌شده توسط قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت مایع و کشت جامد نشان داد که مقدار ماده خشک ($p\leq0.01$)، ماده آلی ($p=0.01$) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($p\leq0.01$) کاهش و مقدار پروتئین ($p=0.013$) و الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی ($p\leq 0.01$) افزایش یافت. قارچها به هنگام رشد بر روی سوبسترا ابتدا آنزیم‌هایی را ترشح می‌کنند که این آنزیم‌ها سبب تجزیه کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم می‌شود. در مرحله بعدی ترکیبات تجزیه شده به‌عنوان غذا توسط قارچها مورد استفاده قرار می‌گیرند و سبب می‌شوند مقداری کربن از طریق تنفس خارج شده و ماده خشک کاهش یابد. کاهش در ماده خشک به هنگام فراوری کاه گندم توسط گونه دیگری از قارچ پوسیدگی سفید نیز مشاهده شده است (۲۲). در مدت دوره تخمیر، سوبسترا تجزیه شده و بخش قابل‌توجهی از ماده آلی به co2 تبدیل می‌شود؛ بنابراین ماده آلی پس از فراوری کاهش می‌یابد و مقدار بیشتری مواد معدنی در واحد وزن باقی می‌ماند (۱۶). کاهش در مقدار ماده آلی به هنگام فراوری کاه برنج و باقیمانده‌های کشاورزی علوفه ذرت با نوعی قارچ پوسیدگی سفید مشاهده شده است (۱۳). بیش‌ترین افزایش در مقدار پروتئین در فراوری ذرت سیلوشده به‌صورت کشت جامد مشاهده شده است. احتمالاً در کشت جامد عوامل مختلفی مانند پروتئین توده‌ی میسلیوم قارچی، آنزیم‌های تولیدشده و همچنین کاهش در ماده خشک سبب افزایش مقدار پروتئین می‌شود. اما در کشت مایع چون پروتئین توده‌ی میسلیوم وجود ندارد این عامل سبب می‌شود مقدار پروتئین در ذرت سیلو شده کشت شده به‌صورت مایع نسبت به کشت جامد کمتر باشد (۳۶). قارچ‌های پوسیدگی سفید از خانواده بازیدومیست‌ها هستند و توانایی تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده الیاف را دارند. درنتیجه فراوری ذرت سیلوشده با قارچ شیزوفیلوم سبب تجزیه سلولز، همی سلولز و لیگنین موجود در دیواره سلولی گیاه شده و سبب کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی گردیده است. نتایج مشابهی به هنگام فراوری ذرت سیلوشده با گونه‌ی دیگری از قارچ پوسیدگی سفید (ترامتس) مشاهده شده است (۱۹). در آزمایش‌های صورت گرفته بر روی فعالیت آنزیمی

1- AFRC (Agriculture and Fisheries Research Council)

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

قارچ شیزوفیلوم مشخص شده است عمده آنزیم‌های تولیدی توسط این قارچ از نوع زایلاناز و سلولاز می‌باشد که به ترتیب سبب تجزیه همی سلولز و سلولز می‌شوند و ژن‌های کمتری مسئول بیان تولید آنزیم لاکاز هستند (۲۹،۳۳). پس می‌توان نتیجه گرفت که در آزمایش حاضر نیز شیزوفیلوم با ترشح آنزیم سلولاز و زایلاناز سبب تجزیه سلولز و همی‌سلولز شده است و سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی گردیده است اما هیچ تأثیری بر مقدار لیگنین نداشته است و چون الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی به‌صورت درصدی از الیاف نامحلول در شوینده خنثی بیان می‌شود طبیعی است که مقدار الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی افزایش یابد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ذرت سیلوشده فرآوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت مایع و کشت جامد (درصد ماده خشک)
Table 1. Chemical composition of processed corn silage with Schizophyllum Commune under liquid and solid state culture (percentage of dry matter)

| شاهد | کشت جامد | کشت مایع | SEM | p value |
|---|---|---|---|---|
| ماده خشک | ۹۸/۰۰$^{a}$ | ۹۱/۳۰$^{b}$ | ۹۰/۸۶$^{b}$ | ۰/۴۰۱ | <۰/۰۱ |
| ماده آلی | ۸۹/۰۰$^{a}$ | ۸۶/۵۰$^{b}$ | ۸۴/۵۰$^{b}$ | ۰/۴۰۸ | ۰/۰۱ |
| پروتئین | ۶/۹۱$^{b}$ | ۱۰/۱۵$^{a}$ | ۸/۰۵$^{ab}$ | ۰/۴۱۹ | ۰/۰۳ |
| الیاف نامحلول در شوینده خنثی | ۷۳/۶۲$^{a}$ | ۶۴/۶۲$^{b}$ | ۶۸/۰۰$^{b}$ | ۰/۲۲۸ | <۰/۰۱ |
| NDFom | ۶۱/۶۲$^{a}$ | ۵۶/۶۲$^{c}$ | ۵۸/۰۰$^{b}$ | ۰/۲۲۸ | <۰/۰۱ |
| الیاف گوارش ناپذیر نامحلول در شوینده خنثی | ۲۲/۸۹$^{c}$ | ۲۵/۶۱$^{b}$ | ۲۸/۶۸$^{a}$ | ۰/۵۹۷ | <۰/۰۱ |

حروف بالانویس متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشد

فراسنجه‌های تولید گاز ذرت سیلوشده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم به‌صورت کشت مایع و کشت جامد در جدول ۲ آورده شده است. پس از ۱۴۴ ساعت انکوباسیون تولید گاز تجمعی ذرت سیلوشده فرآوری‌شده افزایش یافت ($p\leq 0.01$). بیش‌ترین مقدار تولید گاز به سیلوی ذرت فراوری‌شده به روش کشت جامد تعلق داشت ($p\leq 0.01$) . این نتایج با کارهای انجام شده توسط آکینفمی (۲) که از قارچ‌های پوسیدگی سفید برای فراوری زیستی پوسته ذرت استفاده کرده بود مطابقت داشت. زو وهمکاران (۴۰) علوفه ذرت را به مدت ۲۸ روز با قارچ پوسیدگی سفید گونه*Irpex lacteus* تیمار کردند نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که تیمار علوفه ذرت با این قارچ سبب افزایش تولید گاز تجمعی شد. گزارش شده است که فراوری ذرت سیلوشده با قارچ ترامتس سبب افزایش تولید گاز تجمعی طی ۱۴۴ ساعت پس از انکوباسیون شد (۱۹). بخش قابل تخمیر در سیلاژ فراوری شده افزایش یافت و بین کشت مایع و کشت جامد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش در بخش قابل تخمیر (b) بازتابی از کاهش بخش الیافی می‌باشد. علاوه براین، این نتیجه ممکن است مربوط به بهبود دسترسی بخش کربوهیدراتی برای تخمیر میکروبی در شکمبه باشد (۲۰). درصد گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم در ذرت سیلوشده فراوری‌شده افزایش چشمگیری را نشان داد. درصد گوارش‌پذیری ماده خشک نیز به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافت که نشان‌دهنده فعالیت آنزیمی قارچ‌ها و شکستن سلولز و همی سلولز یا لیگنین می‌باشد. آتوهری و همکاران (۴) از چهار گونه متفاوت یک قارچ برای فراوری کاه ذرت استفاده کردند و نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که هر ۴ گونه قارچی پوسیدگی سفید سبب افزایش در درصد گوارش‌پذیری ماده خشک، درصد گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم شدند.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

جدول ۲- کنتیک و فراسنجه‌های تولید گاز ذرت سیلو شده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم به‌صورت کشت مایع و جامد
Table 2. Kinetics and parameters of gas production of processed corn treated with Schizophyllum Commune under liquid and solid state culture

| ساعت انکوباسیون | شاهد | کشت جامد | کشت مایع | SEM | p value |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۵/۸۶ | ۶/۲۶ | ۵/۷۲ | ۲/۱۳۱ | <۰/۱۱ |
| ۴ | ۱۲/۰۰ | ۱۱/۳۳ | ۹/۷۰ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۸ |
| ۶ | ۱۸/۸۱$^{a}$ | ۱۷/۱۹$^{a}$ | ۱۳/۷۶$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۴ |
| ۸ | ۲۶/۰۵$^{a}$ | ۱۷/۵۰$^{b}$ | ۱۵/۰۰$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۵ |
| ۱۲ | ۳۲/۶۶$^{a}$ | ۲۶/۶۱$^{b}$ | ۲۲/۱۲$^{c}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۱ |
| ۲۴ | ۶۱/۸۸$^{b}$ | ۶۵/۴۳$^{a}$ | ۶۵/۶۵$^{a}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۵ |
| ۴۸ | ۱۰۸/۲۶$^{a}$ | ۱۱۰/۴۸$^{a}$ | ۱۰۵/۵۵$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۵ |
| ۷۲ | ۱۴۷/۴۳$^{a}$ | ۱۴۵/۴۵$^{ab}$ | ۱۴۳/۰۷$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۵ |
| ۹۶ | ۱۵۸/۹۵$^{b}$ | ۱۶۵/۴۸$^{a}$ | ۱۶۲/۶۷$^{a}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۵ |
| ۱۲۰ | ۱۷۰/۶۸$^{c}$ | ۱۸۵/۲۰$^{a}$ | ۱۸۱/۴۷$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۱ |
| ۱۴۴ | ۱۸۵/۰۴$^{c}$ | ۲۰۴/۸۰$^{a}$ | ۲۰۰/۱۰$^{b}$ | ۲/۱۳۱ | <۰/۰۱ |
| فراسنجه‌های تولید گاز | | | | | |
| | | | | SEM | p value |
| b | ۲۰۶/۱۵$^{b}$ | ۲۴۲/۸۲$^{a}$ | ۲۳۹/۵۵$^{a}$ | ۱/۸۸۸ | <۰/۰۱ |
| c | ۰/۰۱۶$^{a}$ | ۰/۰۱۲$^{b}$ | ۰/۰۱۲$^{b}$ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۲ |
| OMD | ۳۶/۱۴$^{b}$ | ۳۹/۸۵$^{a}$ | ۲۵/۴۰$^{a}$ | ۰/۴۰۶ | <۰/۰۱ |
| ME | ۹/۰۵$^{c}$ | ۱۲/۴۲$^{a}$ | ۱۰/۲۴$^{b}$ | ۰/۰۶۲ | <۰/۰۱ |
| DMD | ۲۸/۳۷$^{c}$ | ۴۱/۷۵$^{b}$ | ۵۰/۲۵$^{a}$ | ۰/۲۹۷ | <۰/۰۱ |

حروف بالانویس متفاوت در هر سطر نشان دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشد.
b=درصد بخش قابل تخمیر c= نرخ تولید گاز (درصد در ساعت) OMD= درصد گوارش‌پذیری ماده آلی ME= انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول در کیلوگرم ماده خشک)
DMD= درصد گوارش‌پذیری ماده خشک SEM= خطای استاندارد میانگین‌ها

نتایج تجزیه‌پذیری ماده خشک ذرت سیلوشده فراوری‌شده و نشده در جدول ۳ آورده شده است. فراوری با قارچ شیزوفیلوم کمون به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک ذرت سیلو شده فراوری‌شده گردید و فقط در ساعت ۷۲ و ۴۸ پس از انکوباسیون شکمبه‌ای تجزیه‌پذیری ماده خشک ذرت سیلوشده فراوری‌شده به روش کشت جامد افزایش یافت و در ساعت ۹۶ پس از انکوباسیون شکمبه‌ای بین گروه شاهد و کشت جامد شیزوفیلوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. قارچ شیزوفیلوم کمون فعالیت سلولازی و زایلانازی چشمگیری نسبت به فعالیت لیگنینازی دارد پس درنتیجه سبب تجزیه سلولز و همی سلولز به ترکیبات محلول‌تر می‌شود که بخش زیادی از این ترکیبات محلول توسط خود قارچ مصرف می‌شود و در این صورت تنها ترکیبی که از دیواره سلولی باقی می‌ماند لیگنین و ترکیبات کند تجزیه است که سبب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌گردد. نتایج تجزیه چند نوع خوراک توسط قارچ‌های شکمبه نشان داد که خوراکی که بیش‌ترین لیگنین را داشت به مقدار کمتری توسط قارچ ترامتس ورسیکالر تجزیه شد (۱۶). بخش محلول در سیلاژ فراوری شده کاهش چشمگیری را نشان داد. قارچ‌ها برای انجام متابولیسم اولیه خود نیازمند مصرف کربوهیدرات‌های سریع الهضم هستند که این عامل سبب کاهش بخش محلول می‌شود (۵). در موقع عمل‌آوری ذرت سیلو شده با قارچ، سیستم آنزیمی قارچ سبب شکستن پیوندهای شیمیایی در مواد هیدروکربنی ساختمانی در ذرت سیلو شده می‌گردد. لذا ازیک‌طرف مقدار الیاف خام در ذرت سیلو شده عمل‌آوری شده کاهش می‌یابد اما از طرف دیگر وجود دیواره سلولی قارچ‌ها (که رفتاری مشابه الیاف خام دارند) احتمالاً سبب می‌شود که در موقع تخمیر این خوراک در شکمبه، مقدار بخش بالقوه قابل‌تجزیه تا حدودی افزایش یابد (۶). سرعت تجزیه بخش بالقوه قابل‌تجزیه در ذرت سیلوشده فراوری‌شده به روش کشت مایع کاهش یافت. کاهش در سرعت تجزیه بخش بالقوه تجزیه‌پذیر با کارهای انجام شده توسط تکلوزاده و همکاران (۳۱) مطابقت داشت اما با تحقیقات انجام شده توسط معتمدی و همکاران (۱۹) مطابقت نداشت. نرخ عبور مواد از شکمبه (k) تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است. به‌طوری که با افزایش سطح مصرف خوراک در دام این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین افزایش مقدار k سبب می‌شود که مدت‌زمان دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد خوراکی نیز کاهش یافته و درنتیجه میزان تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در مواد خوراکی کاهش یابد (۳۱). تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک ذرت سیلو شده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم کمون و همچنین گروه شاهد با افزایش نرخ عبور از شکمبه کاهش یافت. تجزیه‌پذیری مؤثر سیلاژ فراوری شده در تمامی نرخ‌های عبوری از شکمبه نسبت به گروه شاهد کمتر بود.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

جدول ۳- کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک ذرت سیلوشده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت مایع و جامد
Table 3. Kinetics and parameters of dry matter degradability of processed corn silage treated with Schizophyllum Commune under liquid and solid state culture

| ساعت انکوباسیون | شاهد | کشت جامد | کشت مایع | SEM | p value |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۲۹/۱۳$^{a}$ | ۱۹/۱۸$^{b}$ | ۱۵/۶۱$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۴ | ۳۰/۸۱$^{a}$ | ۲۰/۸۱$^{b}$ | ۱۶/۷۰$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۶ | ۳۴/۲۳$^{a}$ | ۲۳/۵۶$^{b}$ | ۱۷/۶۲$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۵ |
| ۸ | ۳۵/۱۰$^{a}$ | ۲۷/۱۹$^{b}$ | ۲۲/۰۱$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۱۲ | ۳۷/۲۴$^{a}$ | ۲۹/۲۸$^{b}$ | ۲۲/۵۷$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۲۴ | ۵۵/۲۰$^{a}$ | ۴۷/۰۹$^{b}$ | ۲۹/۲۲$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۴۸ | ۵۸/۰۶$^{b}$ | ۶۱/۸۸$^{a}$ | ۵۴/۹۴$^{c}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۳ |
| ۷۲ | ۶۵/۵۶$^{b}$ | ۷۰/۵۶$^{a}$ | ۶۲/۹۳$^{b}$ | ۱/۲۳۲ | <۰/۰۱ |
| ۹۶ | ۷۴/۷۹$^{a}$ | ۷۳/۳۱$^{a}$ | ۶۸/۹۶$^{b}$ | ۱/۲۳۲ | |
| فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری | | | | | |
| | | | | SEM | p value |
| a(%) | ۲۶/۶۵$^{a}$ | ۱۴/۰۵$^{b}$ | ۱۱/۹۲$^{b}$ | ۰/۴۴۰ | <۰/۰۱ |
| b(%) | ۴۹/۹۱$^{c}$ | ۶۴/۸۷$^{b}$ | ۸۱/۳۹$^{a}$ | ۲/۵۲۷ | <۰/۰۱ |
| c(%) | ۰/۰۲۴$^{a}$ | ۰/۰۲۷$^{a}$ | ۰/۰۱۳$^{b}$ | ۰/۰۰۱۴ | <۰/۰۱ |
| a + b | ۷۶/۵۷$^{b}$ | ۷۸/۹۲$^{ab}$ | ۹۳/۰۷$^{a}$ | ۲/۴۵۳ | <۰/۰۱ |
| ED | ۴۳/۴۶$^{a}$ | ۴۱/۳۴$^{b}$ | ۴۴/۵۰$^{a}$ | ۰/۳۸۵ | <۰/۰۱ |
| | ۳۴/۶۱$^{a}$ | ۲۹/۸۱$^{b}$ | ۲۹/۲۰$^{c}$ | ۰/۴۳۶ | <۰/۰۱ |
| | ۳۰/۸۳$^{a}$ | ۲۴/۷۱$^{b}$ | ۲۳/۷۰$^{c}$ | ۰/۳۷۳ | <۰/۰۱ |

حروف بالانویس متفاوت در هر سطر نشان دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشد.
a: بخش محلول b: بخش بالقوه قابل‌تجزیه c: سرعت تجزیه بخش بالقوه قابل‌تجزیه k: نرخ عبور از شکمبه ED= : تجزیه‌پذیری مؤثر

نتایج تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرت سیلوشده فراوری شده و نشده در جدول ۴ آورده شده است. در ساعت‌های ۲، ۴ و ۹۶ انکوباسیون تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و ذرت سیلوشده فرآوری‌شده به‌صورت کشت جامد مشاهده نشده است اما فراوری سبب افزایش تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ساعت‌های ۴۸ و ۷۲ انکوباسیون شده است. کشت مایع در تمامی ساعت‌های انکوباسیون تجزیه‌پذیری کمتری را نسبت به گروه شاهد نشان داد. دلیل احتمالی می‌تواند این باشد که آنزیم‌های قارچ سلولز و همی سلولز را تجزیه می‌کنند و بیش‌ترین ترکیبی که باقی می‌ماند لیگنین است. چون لیگنین در شکمبه قابل‌تجزیه نیست پس درصد تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرت سیلوشده را کاهش می‌دهد. میکروارگانیسم‌ها مهم برای تجزیه ترکیبات لیگنینوسلولزی، میکروارگانیسم‌هایی هستند که توانایی تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین بیش‌تر و آنزیم‌های تجزیه‌کننده سلولز و همی سلولز کم‌تری را داشته باشند (۳۴). مقدار بخش محلول در ذرت سیلوشده فراوری‌شده کاهش یافته است. دیواره سلولی گیاهان حاوی سلولز، همی سلولز و لیگنین است. مهم‌ترین بخش تأثیرگذار بر مقدار بخش محلول همی سلولز دیواره سلولی می‌باشد و چون قارچ شیزوفیلوم فعالیت زایلانازی بیش‌تری دارد سبب کاهش مقدار همی‌سلولز و بالطبع آن سبب کاهش مقدار بخش محلول می‌شود (۹). مقدار بخش بالقوه قابل‌تجزیه در ذرت سیلوشده فراوری‌شده افزایش یافته است. این بخش تحت تأثیر تجزیه باکتری‌ها، قارچ‌های بی‌هوازی شکمبه و پروتوزوا قرار می‌گیرد. تجزیه میکروارگانیسم‌ها بستگی به بافت خوراک، نحوه اتصال باکتری‌های شکمبه به پلی ساکاریدها و همکاری میکروارگانیسم‌ها در گوارش دارد (۹). افزایش در بخش b با کارهای انجام شده توسط معتمدی و همکاران (۱۹) بر روی ذرت سیلو شده مطابقت داشت. تجزیه‌پذیری مؤثر تیمارها در تمامی نرخ‌های عبوری از شکمبه نسبت به گروه شاهد کمتر بود و فقط بین گروه شاهد و کشت جامد در نرخ عبور ۲ درصد از شکمبه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. احتمالاً کاهش در تجزیه‌پذیری مؤثر به دلیل بالا بودن مقدار لیگنین در گروه فراوری‌شده نسبت به گروه شاهد بود.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

جدول ۴- کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرت سیلو شده فراوری شده با قارچ شیزوفیلوم کمونبه‌صورت کشت مایع و جامد

Table 4. Kinetics and parameters of Neutral Detergent Fiber degradability of processed corn silage treated withSchizophyllum Commune under liquid and solid state culture

| ساعت انکوباسیون | شاهد | کشت جامد | کشت مایع | SEM | p value |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۱۷/۳۶$^{a}$ | ۱۴/۹۳$^{a}$ | ۹/۶۸$^{b}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۵ |
| ۴ | ۱۹/۳۲$^{a}$ | ۱۷/۹۴$^{a}$ | ۱۰/۳۶$^{b}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۵ |
| ۶ | ۲۴/۹۴$^{a}$ | ۱۹/۱۰$^{b}$ | ۱۱/۰۹$^{c}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۱ |
| ۸ | ۲۶/۷۳$^{a}$ | ۱۹/۹۸$^{b}$ | ۱۳/۹۹$^{c}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۱ |
| ۱۲ | ۲۸/۳۷$^{a}$ | ۲۴/۷۱$^{b}$ | ۱۷/۳۹$^{c}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۱ |
| ۲۴ | ۴۹/۹۸$^{a}$ | ۴۳/۰۲$^{b}$ | ۲۲/۷۶$^{c}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۱ |
| ۴۸ | ۵۳/۱۷$^{b}$ | ۶۱/۲۶$^{a}$ | ۵۳/۰۲$^{b}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۵ |
| ۷۲ | ۶۱/۹۷$^{b}$ | ۶۹/۷۲$^{a}$ | ۶۲/۷۰$^{b}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۴ |
| ۹۶ | ۷۳/۱۱$^{a}$ | ۷۲/۸۸$^{a}$ | ۶۹/۱۴$^{b}$ | ۱/۳۱۶ | <۰/۰۴ |

| فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | SEM | p value | |
| a(%) | | ۱۴/۶۴$^{a}$ | ۹/۲۸$^{b}$ | ۴/۸۴$^{c}$ | ۰/۴۶۵ | <۰/۰۱ |
| b(%) | | ۵۸/۸۷$^{b}$ | ۷۱/۴۶$^{b}$ | ۹۶/۹۸$^{a}$ | ۳/۲۷۰ | <۰/۰۱ |
| c(%) | | ۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۰۱$^{b}$ | ۰/۰۰۱ | <۰/۰۱ |
| a + b | | ۷۳/۵۵$^{c}$ | ۷۷/۸۰$^{b}$ | ۹۶/۴۲$^{a}$ | ۱/۶۷۲ | <۰/۰۱ |
| ED | ۰/۰۲ | ۴۸/۷۲$^{a}$ | ۴۹/۱۷$^{a}$ | ۴۱/۴۲$^{b}$ | ۰/۴۰۰ | <۰/۰۱ |
| | ۰/۰۵ | ۳۵/۵۲$^{a}$ | ۳۳/۳۲$^{b}$ | ۲۳/۸۷$^{c}$ | ۰/۴۵۹ | <۰/۰۱ |
| | ۰/۰۸ | ۲۹/۷۲$^{a}$ | ۲۶/۵۰$^{b}$ | ۱۷/۷۰$^{c}$ | ۰/۳۹۶ | <۰/۰۱ |

حروف بالانویس متفاوت در هر سطر نشان دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشد.

a: بخش محلول b: بخش بالقوه قابل‌تجزیه c: سرعت تجزیه بخش بالقوه قابل‌تجزیه k: نرخ عبور از شکمبه ED= : تجزیه‌پذیری مؤثر

مقدار اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی تولید شده توسط ذرت سیلوشده فراوری شده و نشده در جدول ۵ آورده شده است. فراوری ذرت سیلو شده با قارچ شیزوفیلوم به‌صورت کشت مایع و کشت جامد تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسیدهای چرب فرار نداشت. اما ازنظر عددی مقدار پروپیونات تولیدی در گروه‌های تیمار شده افزایش و مقدار استات کاهش یافت. کاهش در مقدار پروپیونات تولیدی با تحقیقات انجام شده توسط نیو و همکاران (۲۲) که از قارچ پلیتروس کریسوس پریوم برای فرآوری کاه گندم استفاده کرده بودند مطابقت داشت. مقدار کل اسیدهای چرب فرار تولیدی در ذرت سیلو شده فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم به‌صورت مایع به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (p<۰/۰۵). به‌عنوان منبع اصلی تامین انرژی برای نشخوارکنندگان غلظت اسیدهای چرب فرار به‌طور مستقیم قابلیت هضم خوراک را منعکس می‌کند. گزارش شده است که فراوری کاه گندم با قارچ ایرپکس لاکتوس سبب افزایش مقدار اسیدهای چرب فرار تولیدی می‌شود (۲۲). مقدار نیتروژن آمونیاکی تولیدی تحت تأثیر تمارها قرار نگرفت. فراوری کاه گندم توسط قارچ سابورمیسپورا و لنتینولا ادودس سبب کاهش مقدار نیتروژن آمونیاکی تولیدی می‌گردد (۲۱). آن‌ها علت این کاهش را تاثیر قارچ در دسترسی پروتئین کاه بیان کردند. عدم تغییر در مقدار نیتروژن آمونیاکی تولیدی در آزمایش حاضر احتمالا به علت تاثیر آنزیم‌های قارچی بر پروتئین سوبسترا و پروفیل متفاوت پروتئین توده قارچی شیزوفیلوم کمون بود. تحقیقات نشان داده است که فراوری کاه گندم با قارچ پلیتروس ارینجی تأثیری بر مقدار نیتروژن آمونیاکی تولیدی نداشته است (۲۱).

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

جدول ۵- مقدار اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی تولیدشده توسط کاه گندم فراوری‌شده با قارچ شیزوفیلوم کمون به‌صورت کشت جامد و مایع

Table 5. Amount of volatile fatty acids and ammonia nitrogen produced by wheat straw processed with Schizophyllum commune under solid and liquid state culture

| | شاهد | کشت جامد | کشت مایع | SEM | p value |
|---|---|---|---|---|---|
| Acetate | ۶۴/۷۵ | ۶۷/۶۰ | ۶۷/۴۱ | ۱/۵۷۴ | ۰/۴۰ |
| Propionate | ۲۰/۲۹ | ۱۷/۳۲ | ۱۷/۶۶ | ۲/۷۳۷ | ۰/۷۲ |
| Butyrate | ۸/۷۶ | ۹/۵۴ | ۸/۴۳ | ۱/۵۹۳ | ۰/۸۸ |
| Valerate | ۵/۱۱ | ۴/۴۲ | ۵/۱۹ | ۰/۵۷۶ | ۰/۶۳ |
| IsoButyrate | ۰/۴۲ | ۰/۴۴ | ۰/۵۱ | ۰/۰۳۹ | ۰/۳۵ |
| IsoValerate | ۰/۶۶ | ۰/۶۶ | ۰/۷۷ | ۰/۰۵۹ | ۰/۴۰ |
| Total VFA | ۹۵/۳۳$^{b}$ | ۹۸/۷۱$^{ab}$ | ۱۰۳/۷۵$^{a}$ | ۱/۲۷۴ | ۰/۰۴ |
| نیتروژن آمونیاکی | ۱۰/۶۱ | ۱۰/۷۶ | ۱۰/۹۸ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷ |

حروف بالانویس متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشند
Total VFA= کل اسیدهای چرب فرار (میلی مول در لیتر)
تمامی اسیدهای چرب فرار به‌صورت درصدی از اسیدهای چرب فرار کل بیان شده‌اند

## نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های به دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که فراروی ذرت سیلوشده با قارچ شیزوفیلوم کمون به روش کشت جامد سبب افزایش و بهبودبرخی مولفه‌های تغذیه‌ای سیلاژ می‌شود.

## منابع

1. Adesogan, A.T., K.G. Arriola, Y. Jiang, A. Oyebade, E.M. Paula, A.A. Pech-Cervantes and D. Vyas. 2019. Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. Journal of dairy science, 102(6): 5726-5755.
2. Akinfemi, A. 2010. Nutritive value and in vitro gas production of fungal treated maize cobs. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 10(8): 25-38.
3. AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC
4. Atuhaire, A.M., F. Kabi, S. Okello, S. Mugerwa and C. Ebong. 2016. Optimizing bio-physical conditions and pre-treatment options for breaking lignin barrier of maize stover feed using white rot fungi. Animal Nutrition, 2(4): 361-369.
5. Bimrew, A. 2020. Biological treatment of crop residues as an option for feed improvement in the tropics: A review. Animal Husbandry, Dairy and Veterinary Science, 4: 1-6
6. Dashti Saridorgh, M., Y. Ruzbehan and S. Shojaosadati. 2010. The Effect of Neuspora sitophila fungi on chemical composition, digestibility and degradability of sugar beet pulp. Iranian Journal of animal Science, 40(4): 1-12 (In Persian).
7. Du, B., Y. Yang, Z. Bian and B. Xu. 2017. Characterization and anti-inflammatory potential of an exopolysaccharide from submerged mycelia culture of Schizophyllum commune. Frontiers in pharmacology, 8(1): 252.
8. Ediriweera, S.S., R.L.C. Wijesundera, C.M. Nanayakkara, and O.V. Weerasena. 2015. Comparative study of growth and yield of edible mushrooms, Schizophyllum commune Fr., Auricularia polytricha (Mont.) Sacc. and Lentinus squarrosulus Mont. on lignocellulosic substrates. Mycosphere, 6(6): 760-765.
9. Ghoorchi, T., S. Razavi, H. Behzad, A. Mehrabi and R. Mastani. 2016. Effect of Trametes versicolor and Pleurotus ostreatus fungi on crude protein, NDF and ruminal degradability of dry matter and NDF of crops by-products. Animal Production Research, 5(3): 59-69 (In Persian).
10. Ivan, S.K., R.J. Grant, D. Weakley and J. Beck. 2005. Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. Journal of Dairy Science, 88(1): 244-254.
11. Khalilvandi, H., M. Dehghan, M. Ghafarzadeh, K. Rezayazdi and F. Ghaziani. 2013. Effects of fish oil protection on ruminal metabolism of fatty acids, in vitro digestibility and ruminal parameters. Journal of Animal Science Researches, 23(2): 123-143 (In Persian).
12. Khattab, H.M., H.M. Gado, A.Z.M. Salem, L.M. Camacho, M.M. El-Sayed, A.M. Kholif and A.E. Kholif. 2013. Chemical composition and in vitro digestibility of Pleurotus ostreatus spent rice straw. Animal Nutrition and Feed Technology, 13(3): 507-516.
13. Khonkhaeng, B. and A. Cherdthong. 2020. Improving Nutritive Value of Purple Field Corn Residue and Rice Straw by Culturing with White-Rot Fungi. Journal of Fungi, 6(2): 69.
14. Komarek, A.R. 1994. *U.S. Patent No. 5,370,007*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

15. Kumar, V.P., C. Naik and M. Sridhar. 2015. Production, purification and characterization of novel laccase produced by Schizophyllum commune NI-07 with potential for delignification of crop residues. Applied biochemistry and microbiology, 51(4): 432-441.
16. Mehrabi, A., T. Ghorchi and S. Razavi. 2015. Comparison of chemical composition and rumen degradability among four types of straws treated by Trametes versicolor fungus. Animal Sciences Journal, 28(107): 49-60 (In Persian).
17. Menke, K.H. and H. Staingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim Res Develop, 28(1): 7-55.
18. Menke, K.H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The Estimation of Digestibility and Metabolisable Energy content of Ruminant Feedstuffs from the Gas Production when they incubated with Rumen Liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science, 92(1): 217-222.
19. Motamedi, R. 2019. Effects of fungal enzymes on iNDF content and plant cell wall digestibility parameters in ruminant's feed. M.Sc. Thesis, Urmia university, urmia, Iran, 148 p (In Persian).
20. Nasehi, M., N.M. Torbatinejad, S. Zerehdaran and A.R. Safaie. 2017. Effect of solid-state fermentation by oyster mushroom (Pleurotus Florida) on nutritive value of some agro by-products. Journal of Applied Animal Research, 45(1): 221-226.
21. Nayan, N., A.S. Sonnenberg, W.H. Hendriks and J.W. Cone. 2018. Screening of white-rot fungi for bioprocessing of wheat straw into ruminant feed. Journal of applied microbiology, 125(2): 468-479.
22. Niu, D., S. Zuo, D. Jiang, P. Tian, M. Zheng and C. Xu. 2018. Treatment using white rot fungi changed the chemical composition of wheat straw and enhanced digestion by rumen microbiota in vitro. Animal Feed Science and Technology, 237(1): 46-54.
23. Orskov, E.R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 92(1): 499-503.
24. Raghuwanshi, S., S. Misra and R.K. Saxena. 2014. Treatment of wheat straw using tannase and white-rot fungus to improve feed utilization by ruminants. Journal of animal science and biotechnology, *5*(1): 1-8.
25. Rangkhawong, P. 2014. Mycelial fermentation in submerged culture of Schizophyllum commune and its properties. Journal of Science and Technology, 33(5): 420-420.
26. Sarwar, M. and M.A. Khan. 2004. Influence of ad libitum feeding of urea-treated wheat straw with or without corn steep liquor on intake, in situ digestion kinetics, nitrogen metabolism, and nutrient digestion in Nili-Ravi buffalo bulls. Australian journal of agricultural research, 55(2): 229-236.
27. Sharma, R.K. and D.S. Arora. 2015. Fungal degradation of lignocellulosic residues: an aspect of improved nutritive quality. Critical reviews in microbiology, 41(1): 52-60.
28. Sherafat, M., M. alijoo and B. Asadnezhad. 2020. Effects of flaxseed and soybean seeds on the performance of Maque ewes during transition period . Animal Production, 22(2): 237-247 (In Persian).
29. Sornlake, W., P. Rattanaphanjak, V. Champreda, L. Eurwilaichitr, S. Kittisenachai, S. Roytrakul, T. Fujii and H. Inoue. 2017. Characterization of cellulolytic enzyme system of Schizophyllum commune mutant and evaluation of its efficiency on biomass hydrolysis. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 81(7): 1289-1299.
30. Soufizadeh, M., R. Pirmohammadi, Y. Alijoo and H.K. Behroozyar. 2018. Indigestible neutral detergent fibers: Relationship between forage fragility and neutral detergent fibers digestibility in total mixed ration and some feedstuffs in dairy cattle. In Veterinary Research Forum, 9(1): 49.
31. Takalloozadeh, M., O. Diyani, R. Tahmasbi and A. Khezri. 2015. Determination of chemical composition, physical characteristics and nutritive value of treated Walnut hull by Neurospora Sitophila through nylon bag and gas production methods. Iranian Journal of Animal Science Reaserch, 6(3): 248-257 (In Persian).
32. Theodorou, M.K., B.A. Williams, M.S. Dhanoa, A.B. McAllan and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal feed science and technology, 48(3-4): 185-197.
33. Tovar-Herrera, O.E., A.M. Martha-Paz, Y. Pérez-LLano, E. Aranda, J.E. Tacoronte-Morales, M.T. Pedroso-Cabrera and R.A. Batista-García. 2018. Schizophyllum commune: An unexploited source for lignocellulose degrading enzymes. MicrobiologyOpen, 7(3): e00637.
34. Tuyen, D.V., H.N. Phuong, J.W. Cone, J.J.P. Baars, A.S.M. Sonnenberg and W.H. Hendriks. 2013. Effect of fungal treatments of fibrous agricultural by-products on chemical composition and in vitro rumen fermentation and methane production. Bio resource technology, 129(2): 256-263.
35. Van Soest, P.V., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74(10): 3583-3597.
36. Yalchi, T. and B. Hajieghrari. 2011. Effect of fungal treatment on chemical composition and in vitro ruminal digestibility of some agricultural residues. African Journal of Biotechnology, 10(85): 19707-19713.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

37. Zahida, N., S.J. Khan, Y. Ammara, S. Muafia, U. Shumaila and A. Sakhawat. 2015. Optimization of submerged culture conditions for biomass production in Schizophyllum commune, a medicinal mushroom. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(2): 258-266.
38. Zeynali, M., A. Hatamian-Zarmi and M. Larypoor. 2019. Evaluation of Chitin-Glucan complex production in submerged culture of medicinal mushroom of Schizophilum commune: Optimization and Growth Kinetic. Iranian Journal of Medical Microbiology, 13(5): 406-424.
39. Zhang, F., X. Wang, W. Lu, F. Li and C. Ma. 2019. Improved quality of corn silage when combining cellulose-decomposing bacteria and Lactobacillus buchneri during silage fermentation. BioMed research international.
40. Zuo, S., D. Niu, D. Jiang, P. Tian, R. Li, W. Wu and C. Xu. 2019. Effect of white-rot fungal treatments on the in Vitro rumen degradability of two kinds of corn stover. BioResources, 14(1): 895-907.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]

[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]

# The Effect of Processing of Corn Silage with Schizophyllum Commune on Chemical Composition, Ruminal Degradability and in Vitro Gas Production

**Maryam Saghebi[1], Hamed Khalilvandi-Behroozyar[2], Rasoul Pirmohammadi[3] and Maryam Donyadoust Chelan[4]**

1- Graduated M.Sc. Graduate Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2-Assistant Professor Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: h.khalilvandi@urmia.ac.ir)
3- Professor Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia,
4- Graduated PhD. R&D Department, Kimiya Danesh Alvand Co.
Received: 18 December, 2021 Accepted: 5 March, 2022

**Extended Abstract**

**Introduction and Objective**: To overcome the problems caused by animal feed shortages, efforts are made to increase the availability of nutrients and their digestibility, such as improving the nutritional value of forage plants through biological processing. Schizophyllum commune is an edible fungus of the basidiomycete's family that has been used for biological processing of forage. The aim of this study was to investigate the effect of Schizophyllum commune liquid and solid state culture on chemical composition, volume of gas produced, degradability of dry matter, degradability of Neutral Detergent Fiber and volatile fatty acids produced by corn silage.

**Material and Methods**: For processing, 1×1 $cm^2$ of seven-day-old fungi grown in solid culture medium containing potatoes, dextrose and agar were inoculated into glass jars containing 200gr sterilized and soaked corn silage. 100 ml of Liquid culture medium containing secreted enzymes was inoculated into a glass chamber containing 200gr sterile and soaked corn silage after filtration of liquid surface fungi and kept at 26 ° C for 25 days. Gas production of the treatments in glass vials and degradability were measured using nylon bags and three fistulated Holstein cows.

**Results**: Processing of corn silage by both methods reduced dry matter, organic matter and Neutral Detergent Fiber ($p<0.05$). The amount of protein in the treated groups increased compared to the control group and solid culture processing had the greatest effect on changing the amount of silage protein. The amount insoluble Neutral Detergent Fiber increased in the treatment group. Solid culture corn silage showed higher gas volume, digestibility of organic matter and more Metabolisable energy than liquid culture and control group. Solid culture treatment had no effect on the degradability of dry matter. But liquid culture processing reduced the degradability. Liquid culture method could increase the total amount of volatile fatty acids produced in corn silage, but processing by both methods had no effect on the amount of ammonia nitrogen produced by corn silage.

**Conclusion:** In general, the results showed that processing of corn silage by solid and liquid culture can improve some of the nutritional components of silage, including increasing the amount of protein, gas volume and metabolisable energy, digestibility of dry matter and organic matter, but due to the nature of enzymatic activity of Schizophyllum commune the degradability of dry matter and neutral detergent fiber of processed corn silage was reduced.

**Keywords**: Bio-Fermentation, Lignin, NDF, Nutritional value, Schizophyllum commune

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.37.6.6 ]
[ DOI: 10.52547/rap.13.37.73 ]