دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم دامی (گرایش تغذیه دام و طیور)

عنوان پایان نامه:

غنی سازی پروتئین چند فرآورده جانبی کشاورزی با تخمیر به کمک *Trichoderma viride* و *Trichoderma reesei* و تعیین گوارش‌پذیری با روش برون تنی

به وسیله‌ی:

فرهاد احمدی

استادان راهنما:

دکتر محمد جواد ضمیری

دکتر ابراهیم روغنی

اسفند ماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

به نام خدا

اظـــهـــارنـــامـــه

اینجانب فرهاد احمدی (۸۸۱۱۵۳) دانشجوی رشته‌ی علوم دامی گرایش تغذیه دام و طیور دانشکده کشاورزی اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاورد-های آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: فرهاد احمدی

تاریخ و امضا:

به نام خدا

غنی‌سازی پروتئین چند فرآورده جانبی کشاورزی با تخمیر به کمک *Trichoderma viride* و *Trichoderma reesei* و تعیین گوارش‌پذیری با روش برون تنی

به وسیله‌ی:
فرهاد احمدی

پایان‌نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

علوم دامی (تغذیه دام و طیور)

دانشگاه شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته‌ی پایان‌نامه با درجه‌ی: عالی

دکتر محمدجواد ضمیری، استاد بخش علوم دامی، دانشگاه شیراز (استاد راهنما) ----------
دکتر ابراهیم روغنی حقیقی فرد، استاد بخش علوم دامی، دانشگاه شیراز (استاد راهنما) ------
دکتر ضیاء الدین بنی هاشمی، استاد بخش گیاهپزشکی، دانشگاه شیراز (استاد مشاور) ---------
دکتر هادی آتشی، استادیار بخش علوم دامی، دانشگاه شیراز (استاد مشاور) ----------

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به:

روان پاک پدری که

با زحمت و تلاش بی پایان خویش راه زندگی و تحصیل را به من آموخت

و

مادر فداکارم که همواره دعای خیرشان راهگشای مشکلاتم بوده است.

سپاسگزاری

سپاس خدای را که موهبت قدم برداشتن در مسیر علم و دانش را به من ارزانی داشت. در این رهگذر لازم می‌دانم که از زحمات و همراهی تمامی عزیزانی که مرا یاری کرده‌اند تشکر قدردانی کنم. شایسته است از زحمات مادر عزیزم که در طول دوران تحصیل همواره همراه و یاور من بوده‌اند خالصانه قدردانی کنم. از جناب آقای دکتر ضمیری که با رهنمودهای ارزنده علمی، دقت و صبر ستودنی به پربار کردن هرچه بیشتر این پایان‌نامه کمک کردند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم و برای ایشان آرزوی موفقیت و سلامتی در تمام مراحل زندگی را آرزومند هستم. از جناب آقای دکتر ابراهیم روغنی نیز بسیار سپاسگزارم که در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه با دانش و تجربه خود راهنمای من بودند. از آقای دکتر محمد خوروش که این امکان را برای اینجانب فرآهم آوردند که بتوانم آزمایش‌های تکمیلی مورد نیاز این پایان‌نامه را با کیفیت و آرامش در دانشگاه صنعتی اصفهان به اتمام برسانم، بسیار سپاسگزارم. از آقای دکتر بنی هاشمی و دکتر آتشی نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم. از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر قاسمی جهت حضور در جلسه دفاع تشکر می‌کنم. از سرکار خانم لطف‌الهی به خاطر تمام محبت‌ها و زحمات بی دریغ‌شان سپاسگزارم. از دوستان بسیار ارزشمندم مهندس محمد کیانی، مهندس اسماعیل ضیایی، مهندس عباس رجایی راد، مهندس اکبر زارع، مهندس مجید جاوید، مهندس سعید صالحی، مهندس مهدی دادفر، مهندس نادر آدمی پور، مهندس حمید معین الدینی، مهندس احسان مقدس و دیگر دوستانی که در مراحل مختلف این پایان‌نامه به یاری اینجانب آمدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

غنی سازی پروتئین چند فرآورده جانبی کشاورزی با تخمیر به کمک *Trichoderma viride* و *Trichoderma reesei* و تعیین گوارش‌پذیری با روش برون تنی

به وسیله:

فرهاد احمدی

این آزمایش با هدف افزایش درصد پروتئین و گوارش‌پذیری پسماندهای، کشاورزی با تخمیر با دو قارچ تریکودرما ریسه‌ایی و ویریدی انجام شد. کاهش در فرآسنجه‌های اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، متوسط نرخ تخمیر، ثابت نرخ تولید گاز و انرژی خالص برای شیردهی در تفاله پرتقال فرآوری شده با *T. viride* در مقایسه با *T. reesei* معنی‌دار بود ($P<0.05$). ولی کاهش در فرآسنجه پتانسیل تولید گاز در اثر فرآوری با *T. viride* معنی‌دار نبود ($P>0.05$). در مورد تفاله چغندر قند نیز همین روند کاهش فرآسنجه-ها در اثر فرآوری با *T. viride* مشاهده شد. کاهش حجم گاز تولیدی پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت انکوباسیون هم در تفاله خام چغندر قند و تفاله پرتقال در مقایسه با تفاله‌های تخمیر شده با قارچ معنی‌دار بود ($P<0.05$). فرآوری تفاله چغندر قند با *T. reesei* و *T. viride* تاثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر فرآسنجه‌های محلول در شوینده خنثی، سلولز و همی‌سلولز داشت، ولی تغییر در درصد لیگنین بین دو سویه قارچی و همچنین نمونه فرآوری نشده معنی-دار نبود ($P>0.05$). فرآوری تفاله چغندر قند با *T. reesei* و *T. viride* تاثیر معنی‌داری بر فرآسنجه‌های درصد کاهش وزن و افزایش واقعی پروتئین نداشت، ولی درصد پروتئین در تفاله فرآوری شده با *T. viride* بیشتر از *T. reesei* بود ($P<0.05$). در پی فرآوری تفاله پرتقال با قارچ، درصد کاهش وزن در اثر *T. reesei* کمتر از *T. viride* بود ($P<0.05$). فرآوری تفاله پرتقال با قارچ، درصد پروتئین را به طور معنی‌داری افزایش داد. درصد پروتئین، افزایش نسبی پروتئین و افزایش واقعی مقدار پروتئین نمونه‌های فرآوری شده با *T. viride* بیشتر از نمونه‌های فرآوری شده با *T. reesei* بود ($P<0.05$). *T. reesei* سبب افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک باگاس نیشکر در ۲۴ و ۴۸ ساعت تخمیر در شکمبه شد ($P<0.05$). تفاوت معنی‌داری در فرآسنجه های تولید گاز با مقایسه دو پیش فرآوری روی باگاس مشاهده شد ولی در فرآسنجه‌های pH پس از ۷۲ ساعت تخمیر و ثابت نرخ تولید گاز بین دو پیش‌فرآوری تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0.05$). تفاوت معنی‌داری در فرآسنجه‌های محلول در شوینده خنثی، سلولز، همی‌سلولز و لیگنین بین باگاس نیشکر خام و باگاس فقط شسته شده مشاهده نشد ($P>0.05$).

واژگان کلیدی: پروتئین، پیش فرآوری، *Trichoderma viride*، *Trichoderma reesei*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه و اهمیت پژوهش ۲

۱-۱- اهمیت پژوهش..... ۲

۱-۲- توده لیگنوسلولزی ۳

۱-۳- سیستم آنزیمی سلولازی..... ۳

۱-۴- پسماندهای کشاورزی ۵

۱-۵- تفاله چغندرقند..... ۶

۱-۶- تفاله پرتقال..... ۶

۱-۷- باگاس نیشکر..... ۷

۱-۸- قارچ‌های تریکودرما ۸

۱-۹- تخمیر حالت جامد..... ۸

۱-۱۰- انتخاب سوبسترای به جا در تخمیر حالت جامد ۹

۱-۱۱- فرضیه های پژوهش ۱۰

۱-۱۲- اهدف..... ۱۰

۲- پیشینه‌ی پژوهش..... ۱۲

۲-۱- پیش فرآوری با آهک ۱۲

۲-۱-۱- پیش فرآوری به سه روش انجام می‌شود..... ۱۲

۲-۱-۲- پیش فرآوری پسماندهای کشاورزی با آهک (کلسیم هیدروکساید)..... ۱۳

۲-۱-۳- پیش فرآوری اکسیداتیو (اکسیژن به عنوان اکساینده) ۱۴

۲-۱-۴- مکانیسم عملکرد اکسیژن در پیش فرآوری با آهک ۱۵

۲-۱-۵- پیش فرآوری با کلسیم هیدروکساید (آهک) و سدیم هیدروکساید ۱۷

۲-۲- فرآوری با قارچ برای افزایش ارزش تغذیه ای پسماندهای کشاورزی ۱۸
۲-۳- برخی ویژگی‌های سویه‌های تریکودرما ۱۹
۲-۳-۱- اکولوژی ۱۹
۲-۳-۲- منبع کربن ۱۹
۲-۳-۳- منبع نیتروژن ۲۰
۲-۳-۴- نیاز به کانی‌ها ۲۱
۲-۳-۵- اکسیژن ۲۱
۲-۳-۶- غلظت یون هیدروژن ۲۲
۲-۳-۷- دما ۲۲
۲-۳-۸- متابولیسم کربن و انرژی ۲۲
۲-۳-۹- جداسازی ۲۳
۲-۴- قارچ‌های تریکودرما ۲۳
۳- مواد و روش‌ها ۲۷
۳-۱- پیش فرآوری باگاس نیشکر ۲۷
۳-۲- آماده سازی نمونه ۲۷
۳-۳- پیش فرآوری باگاس نیشکر با ترکیب کلسیم هیدروکساید (آهک) و سدیم هیدروکساید (سود) ۲۷
۳-۴- پیش فرآوری باگاس نیشکر با آهک در رآکتور فرآوری کننده ۲۸
۳-۴-۱- ویژگی‌های راکتور دو جداره فرآوری کننده ۲۹
۳-۵- تعیین میزان آهک واکنش نداده در گامه فرآوری ۳۲
۳-۶- شستن توده زنده برای تعیین بالانس جرمی بین توده زنده خام و توده زنده شسته شده ۳۳
۳-۶-۱- دستگاه‌ها و وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز ۳۳
۳-۷- شستن توده زنده برای تعیین بالانس جرمی بین توده زنده خام و توده زنده فرآوری و شسته شده . ۳۵
۳-۸- آماده سازی نمونه برای تعیین غلظت عناصر (کلسیم، منیزیم، فسفر، و پتاسیم) ۳۷
۳-۹- اندازه‌گیری فسفر با روش آبی ۳۷
۳-۱۰- درصد کاهش بخش‌های توده لیگنوسلولزی ۳۸
۳-۱۱- اندازه‌گیری درصد پروتئین نمونه‌ها ۳۹
۳-۱۲- اندازه‌گیری چربی رطوبت نمونه‌ها ۳۹
۳-۱۳- اندازه‌گیری خاکستر نمونه‌ها ۴۰

۳-۱۴- اندازه‌گیری بخش‌های فیبری ۴۰
۳-۱۵- روش اندازه‌گیری لیگنین با دستگاه انکم ۴۱
۳-۱۶- تعیین گوارش‌پذیری با کمک روش تولید گاز ۴۳
۳-۱۶-۱- تهیه محلول‌ها..... ۴۳
۳-۱۶-۲- تهیه مایع شکمبه..... ۴۵
۳-۱۶-۳- اندازه‌گیری حجم گاز تولیدی..... ۴۶
۳-۱۶-۴- اندازه‌گیری گوارش پذیری ظاهری..... ۴۶
۳-۱۶-۵- برازش داده‌های گاز..... ۴۶
۳-۱۶-۶- فرآسنجه‌های محاسبه شده با داده‌های تولید گاز ۴۷
۳-۱۷- گوارش‌پذیری آزمایشگاهی..... ۴۹
۳-۱۸- اندازه‌گیری گوارش‌پذیری واقعی ماده خشک ۵۰
۳-۱۹- آماده‌سازی اسپور قارچ‌ها..... ۵۲
۳-۲۰- به دست آوردن کشت از قارچ ۵۲
۳-۲۱- آماده سازی سوبسترا برای مایه زنی اسپورهای قارچ ۵۴
۳-۲۲- شمارش اسپورهای قارچ..... ۵۵
۳-۲۳- تنظیم رطوبت سوبسترا برای رشد سویه های قارچ..... ۵۶
۳-۲۴- تعیین رطوبت مورد نظر برای تخمیر حالت جامد ۵۶
۳-۲۵- تعیین مقدار کاهش وزن پس از تخمیر حالت جامد ۵۷
۳-۲۶- تعیین مقدار واقعی افزایش پروتئین ۵۷
۳-۲۷- اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها پیش از تخمیر حالت جامد و پس از آن ۵۸
۳-۲۸- آزمون اسپکتروسکوپی فروسرخ ۵۹
۳-۲۹- آزمون رنگ سنجی..... ۶۱
۳-۳۰- محاسبه شدت فرآوری ۶۲
۳-۳۱- آنالیز آماری..... ۶۳
۴- نتایج..... ۶۵
۴-۱- آزمون آفلاتوکسین..... ۶۵
۴-۲- فرآوری با قارچ..... ۶۵
۴-۳- آزمون اسپکتروسکوپی فروسرخ ۸۵

۵- بحث و نتیجه‌گیری ۸۹
۵-۱- کاهش وزن..... ۸۹
۵-۲- افزایش پروتئین... ۹۰
۵-۳- تغییر در مقدار سلولز، همی‌سلولز و لیگنین در پی فرآوری با قارچ ۹۰
۵-۴- پیش فرآوری باگاس نیشکر..... ۹۱
۵-۵- تغییر در غلظت عناصر و رنگ..... ۹۳
۵-۶- کینتیک تولید گاز برای باگاس نیشکر خام و فرآوری شده..... ۹۳
۵-۷- کینتیک تولید گاز تفاله چغندر قند و تفاله پرتقال فرآوری شده با قارچ ۹۴
۵-۸- تاثیر فرآوری با قارچ بر گوارش پذیری ماده خشک باگاس نیشکر ۹۵
۵-۹- نتیجه‌گیری..... ۹۷
۵-۱۰- دورنمای صنعتی پیش فرآوری با آهک ۹۹
۵-۱۱- پیشنهادها..... ۱۰۱
۶- فهرست منابع..... ۱۰۳

فهرست فرمول‌ها

عنوان **صفحه**

فرمول ۳-۱- محاسبه مقدار آهک واکنش نداده در زمان فرآوری ۳۲
فرمول ۳-۲-کل هدر روی وزن در اثر شستشو ۳۵
فرمول ۳-۳- کل هدر روی وزن در اثر فرآوری و شستشو ۳۶
فرمول ۳-۴- معادله بازده بخش‌های توده لیگنوسلولزی ۳۸
فرمول ۳-۵- درصد حذف بخش‌های توده لیگنوسلولزی ۳۹
فرمول ۳-۶- درصد NDF بر اساس ماده خشک و صحیح شده بر اساس خاکستر (ماده آلی) ۴۰
فرمول ۳-۷- درصد لیگنین به صورت دریافت شده ۴۲
فرمول ۳-۸- درصد لیگنین بر اساس ماده خشک ۴۲
فرمول ۳-۹- درصد لیگنین بر اساس ماده خشک و تصحیح شده بر اساس خاکستر ۴۲
فرمول ۳-۱۰- معادله نمایی تجزیه پذیری خوراک ۴۷
فرمول ۳-۱۱- محاسبه انرژی متابولیسمی ۴۷
فرمول ۳-۱۲- محاسبه گوارش پذیری ماده آلی ۴۸
فرمول ۳-۱۳- محاسبه مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۴۸
فرمول ۳-۱۴- محاسبه انرژی خالص شیردهی ۴۸
فرمول ۳-۱۵- میانگین نرخ تخمیر ۴۹
فرمول ۳-۱۶- محاسبه گوارش‌پذیری واقعی ماده خشک به صورت دریافت شده ۵۰
فرمول ۳-۱۷- محاسبه گوارش‌پذیری واقعی ماده خشک بر اساس ماده خشک ۵۱
فرمول ۳-۱۸- محاسبه گوارش‌پذیری آزمایشگاهی ADF ۵۱
فرمول ۳-۱۹- محاسبه شمار اسپور ۵۵
فرمول ۳-۲۰- محاسبه میزان رطوبت ۵۶
فرمول ۳-۲۱- هدر روی وزن پس از تخمیر حالت جامد ۵۷
فرمول ۳-۲۲- مقدار واقعی افزایش پروتئین ۵۸

فرمول ۳-۲۳- محاسبه کل تفاوت رنگ ۶۲
فرمول ۳-۲۴- محاسبه شدت فرآوری ۶۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- الگوی آمینو اسیدی پیکره *Trichoderma viride* ۲۵

جدول ۳-۱- محلول مایع شکمبه ۴۵

جدول ۳-۲- محلول ماندل-وبر ۵۴

جدول ۴-۱- تاثیر فرآوری تفاله چغندر قند با *T. reesei* و *T. viride* بر هدر روی وزن و درصد پروتئین ۶۷

جدول ۴-۲- تاثیر فرآوری تفاله پرتقال با *T. reesei* و *T. viride* بر هدر روی وزن و درصد پروتئین.....۶۷

جدول ۴-۳- تاثیر فرآوری تفاله چغندر قند با *T. reesei* و *T. viride* بر درصد همی‌سلولز، سلولز و لیگنین ۶۹

جدول ۴-۴- تاثیر فرآوری تفاله پرتقال با *T. reesei* و *T. viride* بر درصد همی‌سلولز، سلولز و لیگنین ۷۰

جدول ۴-۵- نتایج تغییر در اجزای باگاس نیشکر فقط شسته شده، باگاس نیشکر فرآوری شده با آهک در شرایط اکسیداتیو، و باگاس نیشکر فرآوری شده با ترکیب آهک و سود در دمای ^{o}C ۲۱ ..... ۷۲

جدول ۴-۶- نتایج تغییر در غلظت عناصر و پارامترهای رنگی (L ,a ,b و کل تفاوت رنگ) بر باگاس نیشکر فقط شسته شده، باگاس نیشکر فرآوری شده با آهک در شرایط اکسیداتیو، و باگاس نیشکر فرآوری شده با ترکیب آهک و سود در دمای ^{o}C ۲۱ ..... ۷۴

جدول ۴-۷- فرآسنجه‌های تولید گاز: تفاله چقندر قند، فرآوری شده با *T. reesei*، فرآوری شده با *T. viride* ... ۷۹

جدول ۴-۸- فرآسنجه‌های تولید گاز: تفاله پرتقال، فرآوری شده با *T. reesei* ، فرآوری شده با *T. viride* ۸۰

جدول ۴-۹- فرآسنجه‌های تولید گاز: باگاس نیشکر، باگاس نیشکر فرآوری شده با آهک در شرایط اکسیداتیو، باگاس نیشکر فرآوری شده با ترکیب آهک و سود در دمای ^{o}C ۲۱ ..... ۸۲

جدول ۴-۱۰- فرآسنجه‌های گوارش‌پذیری ADF و NDF باگاس نیشکر پیش فرآوری نشده (کنترل)، باگاس نیشکر پیش فرآوری شده با آهک در شرایط اکسیداتیو، و باگاس نیشکر پیش فرآوری شده با ترکیب آهک و سود در دمای ^{o}C ۲۱ ..... ۸۳
جدول ۴-۱۱- تاثیر فرآوری با *T. reesei* بر گوارش‌پذیری ماده خشک پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت قرارگیری در شکمبه ۸۴
جدول ۴-۱۲- تاثیر فرآوری با *T. reesei* بر گوارش‌پذیری ماده خشک در ۲۴ و ۴۸ ساعت قرارگیری در شکمبه ۸۴
جدول ۴-۱۳- تاثیر فرآوری با *T. reesei* بر گوارش‌پذیری ماده خشک در ۲۴ و ۴۸ ساعت قرارگیری در شکمبه ۸۴
جدول ۴-۱۴- مقایسه تغییر در شدت پیک‌ها در نمونه‌های فرآوری شده در مقایسه با باگاس نیشکر فرآوری نشده ۸۶

فهرست نگاره‌ها

عنوان **صفحه**

نگاره ۱-۱- نحوه عمل آنزیم‌های سلولولیتیک..... ۴
نگاره ۲-۱- مدل پیشنهادی لیگنین‌زدایی در شرایط اکسیداتیو و قلیایی ۱۶
نگاره ۳-۱- نمایی از رآکتور دوجداره فرآوری کننده مواد لیگنوسلولزی ۳۱
نگاره ۳-۲- دامنه رنگی مدل L, a, b ۶۲

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴-۱- کینتیک تولید گاز پس از ۷۲ ساعت انکوباسیون برای باگاس نیشکر فرآوری نشده (کنترل)، پیش فرآوری شده با آهک در شرایط اکسیداتیو، و پیش فرآوری شده با ترکیب آهک و سود در دمای ^{o}C ۲۱ .....۷۶

نمودار ۴-۲- کینتیک تولید گاز طی ۴۸ ساعت انکوباسیون برای تفاله چغندر قند فرآوری نشده (کنترل)، تفاله چغندر قند فرآوری شده با *T. reesei* (STR) و تفاله چغندر قند فرآوری شده با *T. viride* (STV) ۷۶

نمودار ۴-۳- کینتیک تولید گاز طی ۴۸ ساعت انکوباسیون برای تفاله پرتقال فرآوری نشده (کنترل)، تفاله پرتقال فرآوری شده با *T. reesei* (OTR) و تفاله پرتقال فرآوری شده با *T. viride* (OTV) ۷۷

نمودار ۴-۴- طیف FTIR به دست آمده از باگاس نیشکر (فرآوری شده و فرآوری نشده) ۸۵

فصل اول: مقدمه و اهمیت پژوهش

۱- مقدمه و اهمیت پژوهش

۱-۱- اهمیت پژوهش

یکی از عمده‌ترین چالش‌ها در صنعت دام و طیور کشور مشکل کمبود خوراک است. یکی از راه‌های برون رفت از این چالش، استفاده از پسماندهای صنایع غذایی در تغذیه دام است. باقیمانده-های لیگنوسلولزی مهم‌ترین منبع تجدیدپذیر کربن به عنوان خوراک و یا سوخت هستند. فراهمی و پتانسیل بالای آلایندگی زیست محیطی آنها تلاش‌های گسترده را برای استفاده اقتصادی و کارآمد آنها، ایجاب می‌کند. گسترش پیوسته فعالیت‌های کشاورزی در طی ۴۰ سال گذشته منجر به انباشت مقادیر بالایی از پسماندهای لیگنوسلولزی شده است. بیشتر پسماندهای کشاورزی از نظر میزان پروتئین و ویتامین‌ها فقیر و میزان فیبر گوارش‌پذیر آنها اندک است؛ چنین موادی برای غیر نشخوارکنندگان و در برخی مواقع گوارش پذیری آنها آنقدر کم است که برای دام‌های نشخوار-کننده هم مناسب نیستند. تبدیل میکروبی این پسماندهای کشاورزی با کمک تخمیر حالت جامد می‌تواند راهکاری علمی، امید بخش و اقتصادی برای افزایش ارزش تغذیه‌ای آنها باشد (Villas-Bôas *et al*., 2002).

۱-۲- توده لیگنوسلولزی

سه بخش اصلی توده زنده لیگنوسلولزی[1] سلولز، همی‌سلولز و لیگنین هستند که با یکدیگر در ارتباط نزدیک هستند. سلولز و همی‌سلولز فراوان‌ترین منابع آلی در طبیعت هستند ولی به هر حال قابل استفاده بودن آن‌ها بستگی به شکستن آن‌ها به گلوکز و زایلوز دارد. سلولز پلی‌ساکارید خطی از واحدهای گلوکز است که با پیوندهای بتا-۱ و ۴ به هم متصل شده‌اند. در طبیعت، سلولز معمولاً به پلی‌ساکاریدهایی مانند زایلان یا لیگنین متصل است. همی‌سلولز به عنوان پیوند دهنده بین لیگنین و سلولز عمل می‌کند و باعث استحکام بیشتر شبکه سلولز-همی‌سلولز-لیگنین می‌شود. لیگنین پس از سلولز و همی‌سلولز فراوان‌ترین پلی‌مر در طبیعت به شمار می‌آید. لیگنین از سه واحد متفاوت فنیل پروپیلن[2] شامل p-کوماریل[3]، سیناپیل الکل[4] و کنیفریل[5] تشکیل شده است و نقش مهمی در ساختار دیواره‌ی سلولی به عنوان یک عامل پیونددهنده در میان سلول‌های گیاهی دارد؛ لیگنین همیشه با همی‌سلولز در دیواره سلولی در ارتباط است (Hendriks and Zeeman, 2009).

۱-۳- سیستم آنزیمی سلولازی

سلولازها گروهی از آنزیم‌ها هستند که سبب هیدرولیز سلولز می‌شوند. سیستم کلاسیک سلولازی شامل اندوگلوکاناز[6]، اگزوگلوکاناز[7] و سلوبیاز (یا بتا-گلوکوزیداز)[8] است.

[1] Lignocellulosic Biomass
[2] Phenylpropylene Polymer
[3] *p*-Coumaryl Alcohol
[4] Sinapyl Alcohol
[5] Coniferyl
[6] Endoglucanase
[7] Exoglucanase
[8] Cellobiase (or β-glucosidase)