تحقیقات تولیدات دامی

سال پنجم/شماره چهارم/زمستان ۱۳۹۵ (۹۱-۷۹)

تعیین ترکیب شیمیایی، تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیر آزمایشگاهی تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته عمل‌آوری شده با قارچ پلوروتوس ساجور کاجو

ابوالفضل صالحی[۱]، داریوش علیپور[۲*]، سهیلا میرزایی[۳]، خلیل زابلی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- استادیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۰)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی ترکیب شیمیایی، تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیر آزمایشگاهی تفاله گوجه‌فرنگی و پوست‌پسته عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* انجام شد. تیمارهای آزمایشی برای تفاله گوجه‌فرنگی شامل شاهد (انکوبه نشده)، شاهد مثبت (انکوبه شده بدون تلقیح)، عمل‌آوری شده با میسلیوم قارچ و عمل‌آوری شده با اسپان قارچ بود و برای پوست‌پسته نیز شامل شاهد (انکوبه نشده)، شاهد مثبت (انکوبه شده بدون تلقیح) و عمل‌آوری شده با اسپان قارچ بود. مقدار ۲۵ گرم از هر یک از دو نمونه فوق در ۳ تکرار برای تهیه هر یک از تیمارها به درون ارلن شیشه‌ای ریخته شد و پس از استریل شدن به‌مدت ۳ هفته در درون انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. داده‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. غلظت ماده‌خشک، خاکستر، پروتئین‌خام در تفاله گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۹۵/۲۷، ۲/۴۰ و ۱۲/۸۱ درصد و در پوست‌پسته به‌ترتیب ۹۴/۶۳، ۹/۳۳ و ۷/۸۱ درصد بود. عمل‌آوری با قارچ موجب افزایش این ترکیبات در هر دو نمونه شد. (P<۰/۰۵). ترکیبات فنولی پوست‌پسته با عمل‌آوری با قارچ کاهش یافت (P<۰/۰۵). حجم گاز تولید شده در طول ۲۴ ساعت، گوارش‌پذیری ظاهری ماده‌خشک و گوارش‌پذیری حقیقی ماده‌آلی در تفاله گوجه‌فرنگی عمل‌آوری شده نسبت به شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). اما مقادیر فوق در پوست‌پسته تحت تأثیر عمل‌آوری قرار نگرفت. پتانسیل تولید گاز در تفاله گوجه‌فرنگی فرآوری شده با اسپان نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد عمل‌آوری با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو*، ارزش غذایی تفاله گوجه‌فرنگی و پوست‌پسته را به‌طور مطلوبی افزایش نداد.

واژه های کلیدی: ترکیب شیمیایی، تولید گاز، ترکیبات فنولی، گوارش‌پذیری، تخمیر آزمایشگاهی

مسئول نویسنده: alipourd@basu.ac.ir

مقدمه

پسماندهای گیاهی، پتانسیل استفاده به عنوان منبع انرژی برای نشخوارکنندگان را دارا می‌باشند. ولی به علت داشتن مواد ضدتغذیه‌ای، لیگنین زیاد و گوارش پذیری اندک، آن‌چنان که باید در تغذیه نشخوارکنندگان به کاربرده نمی‌شوند (McDonald *et al.*, 2002). تفاله گوجه فرنگی به‌عنوان مهم‌ترین پسماند کارخانه‌های تولید رب گوجه فرنگی به مقدار زیادی در کشور تولید می‌شود. تولید سالیانه این تفاله در ایران ۱۵۰ هزار تن در سال گزارش شده است (Besharati and Taghizadeh, 2008). پسماند (تفاله) گوجه فرنگی بسته به روش فرآوری و خصوصیات گوجه فرنگی خام، شامل نسبت‌های متفاوتی از نظر پوست، دانه و مقدار اندکی گوشت است و در حدود ۱۰-۵ درصد از وزن گوجه فرنگی تازه را به خود اختصاص می‌دهد (Tahmasbi and Dayani, 2015). در یک مطالعه درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تفاله خشک گوجه فرنگی به ترتیب ۹۶/۴۸، ۸۷/۸، ۲۱/۹، ۶/۹، ۶۷/۴ و ۵۸/۷ درصد و مقدار انرژی قابل متابولیسم آن نیز ۹/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شد (Besharati and Taghizadeh, 2008). همچنین گزارش شده است که اضافه کردن تفاله گوجه فرنگی به جیره گاوهای شیری در سطوح صفر، ۷/۵ و ۱۵ درصد، هیچ گونه تأثیر منفی بر مصرف خوراک و تولید شیر آنها نداشت (Tahmasbi and Dayani, 2015).

از جمله فرآورده‌های فرعی دیگری که دارای تولید بالایی در کشور است، می‌توان به پوست خارجی پسته اشاره نمود. سالیانه در ایران در حدود ۳۵۰ هزار تن پسته تولید می‌شود (FAO, 2008). با احتساب اینکه به ازای هر یک کیلوگرم پسته خشک تولید شده، در حدود ۲-۱/۲۵ کیلوگرم محصول فرعی (شامل پوست خارجی پسته، مقدار جزیی پوست استخوانی و مغز پسته نارس) به طور تازه به دست می‌آید. لذا تولید سالیانه پوست پسته تازه در کشور در حدود ۵۰۰ هزار تن برآورد می‌شود (Shakeri *et al.*, 2012). در تحقیقی که بر روی ارزش غذایی بقایای پوست پسته صورت گرفته بود، درصد ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، کل ترکیبات فنولی و کل تانن آن به ترتیب ۹۶/۶، ۱۲/۹، ۵/۷، ۳۲/۷ ، ۲۳/۹، ۱۳/۷۱ و ۹/۹۹ درصد گزاش شد. همچنین، درصد قابلیت هضم ماده خشک آن ۵۷/۱ درصد و مقدار انرژی قابل متابولیسم آن نیز ۲ مگا کالری بر کیلوگرم گزارش گردید (Shakeri *et al.*, 2012). همچنین، گزارش شده است که استفاده از سیلاژ پوست پسته در سطوح صفر، ۶، ۱۲ و ۱۸ درصد که جایگزین سیلاژ ذرت در جیره گوساله‌های نر هلشتاین شده بود، مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت (Shakeri *et al.*, 2012). ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی پوست پسته بیانگر پتانسیل آن به عنوان جایگزین مناسب برای خوراک‌های رایج در تغذیه نشخوارکنندگان است. البته این محصول حاوی ترکیبات پلی‌فنولی است که احتمالاً مصرف آن‌را با محدودیت‌هایی مواجه می‌کند. در برخی از گزارشات، ترکیبات فنلی و کل تانن آن به ترتیب ۱۵/۶۰-۷/۶۰ و ۱۰/۱۵-۳/۴۰ درصد ماده خشک ذکر شده است (Shakeri *et al.*, 2012). وجود دیواره سلولی زیاد در تفاله گوجه فرنگی و ترکیبات لیگنوسلولزی و فنولی در پوست پسته منجر به کاهش ارزش غذایی و در نتیجه کاهش مصرف آن‌ها در تغذیه دام شده است (Fazaeli, 2005; Besharati and Taghizadeh, 2008). لذا در صورت عدم یافتن یک راهکار مناسب برای مصرف بهینه این پسماندها، علاوه بر تجمع آنها در محیط، چالشهای زیست محیطی، هدر رفتن منابع خوراکی که احتمالاً توان تأمین بخشی از نیازهای دام را داشته است، نیز به همراه خواهد داشت.

یکی از میکروارگانیسم‌هایی که در طبیعت مواد لیگنوسلولزی را تجزیه می‌کنند، قارچ‌های پوسیدگی سفید می باشند. امروزه به‌کارگیری این قارچ‌ها برای افزایش گوارش پذیری مواد لیگنوسلولزی به جای روش‌های غیر بیولوژیکی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. قارچ *پلوروتوس ساجورکاجو* (*Pleurotus sajor cajo*) که به قارچ صدفی نیز شهرت دارد، از جمله قارچ‌های خوراکی است که دارای قدرت رشد بالایی است (Quimio *et al.*, 1990). در رابطه با استفاده از این قارچ برای تجزیه مواد لیگنوسلولزی، تحقیقات زیادی انجام شده است. گزارش شده است که عمل‌آوری باگاس نیشکر با قارچ مذکور باعث افزایش معنی‌دار درصد پروتئین خام، الیاف نامحلول در

شوینده خنثی، سلولز و لیگنین نسبت به نمونه شاهد شد (Fazaeli *et al.*, 1999). همچنین در یک گزارش دیگر، ترکیبات لیگنوسلولزی نظیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، همی‌سلولز و سلولز در نمونه‌های کاه برنج عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Begum and Alimon, 2013). در تحقیق مشابهی که در رابطه با اثر قارچ پلوروتوس ساجور کاجو بر الیاف پوست نارگیل انجام گرفت، مشخص شد که در طول ۵۶ روز تخمیر در بستر جامد، کل مقدار پروتئین و خاکستر افزایش قابل توجهی داشت (به ترتیب ۷۴۴/۴۴ و ۵۵/۶۱ درصد). اما مقدار الیاف خام، لیگنین، سلولز، همی سلولز در محصول عمل‌آوری شده به ترتیب ۳۳/۰۴، ۲۵/۷۵، ۱۸/۵۷ و ۲۴/۴۲ درصد کاهش نشان داد (Shamim *et al.*, 2016).

بر این اساس و با توجه به فراوانی دو پسماند مورد اشاره در کشور، هدف از انجام این مطالعه بررسی تغییر ارزش غذایی تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته پس از عمل‌آوری با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* در شرایط آزمایشگاهی بود تا در صورت ایجاد بهبود قابل توجه، بتوان در شرایط حیوان زنده نیز اثرات مفید آن را مورد بررسی قرار داد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده سازی تیمارهای آزمایشی: در این آزمایش تفاله گوجه فرنگی از کارخانه تولید رب گوجه فرنگی سحر در شهرستان همدان و پوست پسته نیز از کارخانه فرآوری پسته در شهر دامغان تهیه گردید. تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته پس از هوا خشک شدن، با استفاده از آسیاب رومیزی مجهز به غربال ۲ میلی‌متری آسیاب شدند (Adenipekun and Fasidi, 2005). تیمارهای آزمایشی برای تفاله گوجه فرنگی شامل: شاهد (انکوبه نشده و بدون تلقیح)، شاهد مثبت (انکوبه شده بدون تلقیح)، عمل‌آوری شده با میسلیوم یا با اسپان قارچ و برای پوست پسته نیز عبارت بودند از: شاهد (انکوبه نشده و بدون تلقیح)، شاهد مثبت (انکوبه شده بدون تلقیح) و عمل‌آوری شده با اسپان قارچ بودند. لازم به ذکر است که به منظور تعیین اثر اتوکلاو و انکوباسیون، نمونه‌های تلقیح نشده با قارچ به عنوان تیمار شاهد مثبت استفاده شدند. برای آماده کردن هر یک از تیمارها (به غیر از تیمار شاهد)، در داخل هر ارلن شیشه‌ای، مقدار ۲۵ گرم نمونه هوا خشک در سه تکرار ریخته شد. مقدار مناسبی آب مقطر به هر نمونه اضافه شد و بهینه سازی میزان رطوبت مورد نیاز برای رشد قارچها در داخل ارلن، با استفاده از مربع پانت انجام شد (Adenipekun and Fasidi, 2005). نمونه‌ها پس از آماده شدن، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع (معادل ۱۰۳/۴۲ کیلوپاسکال) به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند (Fazaeli *et al.*, 2001).

آماده سازی مایه تلقیح : سویه قارچ مورد استفاده از موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور تهیه شد. برای فعال‌سازی کشت اولیه قارچ، از روی محیط کشت اصلی قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* به هر پلیت حاوی سیب زمینی دکستروز آگار (PDA) یک پلاک از میسلیوم قارچ تلقیح شد و به مدت یک هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد. مجدداً قارچها از محیط کشت قبلی به محیط کشت پلیت (PDA) منتقل و به مدت ۲ هفته در دمای ۲۵ سانتی‌گراد کشت و به عنوان مایه تلقیح میسلیوم استفاده شدند. از آنجا که میسلیوم‌های قارچ روی پوست پسته رشد ضعیفی داشتند. لذا امکان عمل‌آوری این پسماند با میسلیوم فراهم نشد. به همین خاطر برای عمل‌آوری پوست پسته تصمیم گرفته شد که از اسپان قارچ استفاده شود. برای تهیه اسپان قارچ، مقدار مناسبی کاه و دانه گندم در چند عدد ارلن ریخته شد. مقداری آب مقطر به مواد داخل ارلن طوری اضافه شد تا رطوبت آنها به ۷۵ درصد برسد و شرایط تخمیر در بستر جامد حاصل گردد. سپس درب ارلن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد و مطابق روش ارایه شده در قبل اتوکلاو شد. سپس از قارچ‌های موجود در محیط کشت پلیت (PDA)، تعداد ۳ پلاک یک سانتی‌متری به ازای هر ارلن برداشته شد و پس از هم زدن محتویات داخل ارلن، به مدت ۲ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد و به‌عنوان اسپان (مایه تلقیح) از آنها استفاده گردید (Fazaeli *et al.*, 2001).

افزودن مایه تلقیح به پوست پسته و تفاله گوجه فرنگی: به منظور مقایسه ارزش غذایی تیمارهای آزمایشی از میسلیوم و اسپان به‌طور جداگانه استفاده شد. در این مطالعه میسلیوم به صورت تحقیقاتی استفاده شد. به منظور بررسی کاربردی و تجاری فرآیند، از اسپان نیز استفاده شد. تلقیح میسلیوم و اسپان تحت شرایط استریل

در زیر هود آزمایشگاهی انجام گرفت. برای تلقیح مایه قارچ، از ۳ پلاک ۱ سانتی‌متری به ازای هر ارلن استفاده شد. پوست پسته و تفاله گوجه‌فرنگی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۱ روز انکوباسیون شدند. نمونه‌ها بعد از اتمام عمل‌آوری، جهت جلوگیری از رشد میسلیوم‌ها اتوکلاو و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفتند (Adenipekun and Fasidi, 2005).

تعیین ترکیب شیمیایی: ترکیب شیمیایی نمونه‌ها (شامل ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی) بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. برای اندازه-گیری ماده خشک، از خشک کردن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. خاکستر با استفاده از سوزاندن در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۴ ساعت تعیین شد. پروتئین خام نمونه‌ها با روش کجلدال محاسبه شد و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی نیز از طریق جوشاندن نمونه ها در محلول‌های مربوطه و اندازه‌گیری رسوب باقی مانده مطابق روش توصیه شده تعیین شد (AOAC, 1990; Van Soest *et al.*, 1991). غلظت کل ترکیبات فنولی به روش فولین سیوکالتو به دست آمد (Makkar and Singh, 1992).

آزمون تولید گاز : به منظور تعیین حجم گاز تولید شده از سرنگ‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد (Menke and Steingass, 1988). مایع شکمبه پیش از خوراک صبحگاهی از سه راس گوسفند نر نژاد مهربان مجهز به فیستولای شکمبه‌ای گرفته شد. مایع شکمبه گرفته شده با هم مخلوط شد و با حفظ درجه حرارت و در شرایط بی‌هوازی بلافاصله در داخل فلاسک به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس با پارچه متقال چهار لایه صاف شد و به نسبت ۱ به ۲ با محلول بزاق مصنوعی در مجاورت دی اکسید کربن مخلوط شد و مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط تهیه شده به داخل هر یک از سرنگ‌ها که حاوی ۲۰۰ میلی گرم نمونه بود، ریخته شد و در نهایت سرنگ‌های آماده شده در حمام بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند). لازم به ذکر است که آزمون تولید گاز در ۳ سری (run) جداگانه انجام شد. در هر سری، تعداد ۳ تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد که با احتساب تعداد ۷ تیمار (۴+۳) در دو پسماند، مجموعاً تعداد ۲۱ سرنگ (به همراه ۲ عدد سرنگ به عنوان بلانک) در هر سری سرنگ آماده شد. به منظور بررسی کینتیک تخمیر شکمبه‌ای، حجم گاز تولید شده در طول ۱۴۴ ساعت انکوباسیون (به منظور اطمینان از حداکثر تولید گاز و رسیدن منحنی مربوطه به حالت کفه) محاسبه شد. بدین منظور در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت پس از انکوباسیون، حجم گاز تولید شده ثبت و به صورت تجمعی محاسبه گردید. در نهایت فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای از طریق مدل ۱ اندازه‌گیری گردید (Groot *et al.*, 1996):

مدل ۱ : $$Y = \frac{A}{1 + (B/t)^c}$$

در مدل مذکور، Y حجم تولید گاز، t زمان تولید گاز، A پتانسیل تولید گاز، B نصف زمان حداکثر تولید گاز و c درجه سیگموئیدی می‌باشد.همچنین برای بررسی فرآیند تولید گاز در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون، مقدار ۴۰ میلی-لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی تهیه شده به داخل سرنگ‌های شیشه‌ای حاوی ۵۰۰ میلی گرم نمونه ریخته شد تا حجم گاز تولید شده در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون محاسبه شود. این آزمایش مشابه آزمایش قبل و با استفاده از تعداد ۲۱ سرنگ و در ۳ سری (run) جداگانه انجام گرفت (Makkar, 2005; Makkar, 2010). برای تعیین گوارش پذیری ظاهری و حقیقی ماده خشک بعداز ۲۴ ساعت انکوباسیون، محتویات هر کدام از سرنگ-ها در کیسه‌هایی از جنس داکرون (با روزنه به قطر ۴۰ میکرون) که از قبل در آون خشک و وزن خالی آنها تعیین شده بود، ریخته شد. پس از خارج شدن مایعات داخل کیسه‌ها، آنها در داخل آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و مجدداً وزن‌کشی شدند. تفاوت وزن موجود و وزن اولیه نمونه (۵۰۰ میلی‌گرم) با در نظر گرفتن وزن خالی هر کیسه، مقدار گوارش پذیری ظاهری ماده خشک هر نمونه را مشخص نمود. سپس محتویات داخل هر کدام از کیسه‌ها در محلول ان دی اس (که برای اندازه‌گیری NDF مورداستفاده قرار می‌گیرد) به مدت یک ساعت جوشانده شدند و کیسه ها به همراه رسوب داخل آنها مجدداً به مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۵ درجه قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. در نهایت

کیسه‌ها دوباره توزین شدند تا فراسنجه‌های مربوطه محاسبه گردد.

گوارش پذیری ظاهری ماده خشک (AIVDMD)، گوارش پذیری حقیقی ماده خشک (TIVDMD)، تولید پروتئین میکروبی (MB) و ضریب تفکیک (PF) مطابق رابطه های ۱، ۲، ۳ و ۴ تعیین شدند (Makkar, 2010) :

رابطه ۱ : $AIVDMD = (A - B) / A$

در رابطه ۱، A وزن ماده خشک نمونه قبل از انکوباسیون و B وزن ماده خشک هضم نشده بعد از انکوباسیون است.

رابطه ۲ : $TIVDMD = (A - B) / A$

در رابطه ۲، A وزن ماده خشک نمونه قبل از انکوباسیون و B وزن ماده خشک نمونه (رسوب) بعد از جوشاندن در محلول شوینده خنثی است.

رابطه ۳ : $MB = A - B$

در رابطه ۳، MB تولید پروتئین میکروبی، A وزن رسوب قبل از جوشاندن در محلول شوینده خنثی و B وزن رسوب بعد از جوشاندن در محلول فوق است.

رابطه ۴ : $PF = A / B$

در رابطه ۴، PF ضریب تفکیک، A مقدار ماده آلی ناپدید شده واقعی (برحسب میلی‌گرم) و B حجم گاز تولید شده (بر حسب میلی‌لیتر) در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون می باشد.

انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) نیز از رابطه ۵ محاسبه و نتایج به صورت مگاکالری بر گیلوگرم ماده خشک نشان داده شد (Menke and Steingass, 1988).

رابطه ۵ : $ME= 3.2+0.136GP+0.057CP+0.0029CP2$

در رابطه ۵، ME انرژی قابل متابولیسم (بر اساس مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، GP حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت و CP پروتئین خام است.

مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از طریق رابطه ۶ محاسبه شد.

رابطه ۶ : $SCFA = 0.0239\times GP-0.0601$

که در رابطه ۷، GP حجم گاز تولیدی در مدت ۲۴ ساعت می‌باشد.

تجزیه آماری : برازش داده‌های حاصل از تولید گاز به مدل مورد نظر (مدل ۱) و کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد (SAS, 2001). مدل آماری مورد استفاده $Yij= \mu+Ti+eij$ بود. در مدل فوق، Yij مقدار عددی هر مشاهده، μ میانگین صفت اندازه‌گیری شده، Ti اثر تیمار و eij اثرات خطا می‌باشد. اختلاف بین میانگین تیمارها، قبل و بعد از فرآوری، با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و ترکیبات فنولی: نتایج ترکیب شیمیایی و ترکیبات فنولی در تفاله گوجه‌فرنگی و پوست پسته قبل و بعد از عمل‌آوری در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. غلظت درصد ماده خشک در هر دو پسماند عمل‌آوری شده با اسپان افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). افزایش غلظت ماده خشک می‌تواند به دلیل از دست دادن رطوبت در اتوکلاو و انکوباتور باشد. از طرف دیگر، مصرف مواد مغذی موجود در نمونه‌ها جهت رشد و متابولیسم قارچ‌ها می‌تواند منجر به کاهش ماده خشک در نمونه‌های عمل-آوری شده گردد. زیرا در حین عمل‌آوری، اتم‌های کربن موجود در مواد آلی به مصرف قارچ‌ها رسیده و در نهایت گاز دی اکسید کربن آزاد می‌گردد و بدین‌ترتیب وزن اولیه نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند (Shojaosadati *et al.*, 1999). نتایج متناقضی در خصوص تاثیر قارچ بر ماده خشک نمونه گزارش شده است. مشابه نتایج حاضر، غلظت ماده خشک باگاس نیشکر تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* افزایش یافته است (Akinfemi, 2012). اما بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، در یک مطالعه دیگر، غلظت ماده خشک پوست ذرت عمل‌آوری شده با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است (Akinfemi *et al.*, 2009). همچنین، گزارش شده است که غلظت ماده خشک خاک اره و فرآورده‌های فرعی گیاه کتان فرآوری شده با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت (Belewu, 2006). خاکستر در تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ قرار گرفت و غلظت آن در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با میسیلیوم و پوست پسته عمل‌آوری شده با اسپان به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های شاهد بود ($P<۰/۰۵$). افزایش غلظت خاکستر در نمونه‌های عمل‌آوری شده می‌تواند به علت ساپروفیت بودن قارچ‌ها و تأمین مواد غذایی مورد نیاز خود از ترکیبات موجود در

جدول ۱- ترکیب شیمیایی تفاله گوجه فرنگی قبل و بعد از فرآوری با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of tomato pulp before and after processing by *Pleurotus sajor cajo* (%DM)

Chemical composition	Experimental treatments				SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control[1]	Processed by mycelium	Processed by spawn		
Dry matter	95.27[b]	97.57[a]	95.05[b]	97.65[a]	0.086	0.001
Ash	2.40[b]	3.80[a]	3.53[a]	3.00[ab]	0.261	0.029
Crude protein	12.81[b]	10.83[b]	16.46[a]	16.87[a]	0.768	0.003
Neutral detergent fiber	50.00[d]	55.62[c]	60.67[b]	65.50[a]	1.27	0.001
Acid detergent fiber	46.67[b]	47.67[b]	55.67[a]	44.55[b]	1.50	0.005
Total phenolic compounds	0.30	0.40	0.46	0.33	0.046	0.150

Means with different superscript letters in same rows are significantly different ($P<0.05$).
[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.
[2]Standard error of means

جدول ۲- ترکیب شیمیایی پوست پسته قبل و بعد از فرآوری با قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* (درصد ماده خشک)

Table 2. Chemical composition of pistachio hull before and after processing by *Pleurotus sajor cajo* (% DM)

Chemical composition	Experimental treatments			SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control [1]	Processed by spawn		
Dry matter	94.63[b]	95.63[a]	96.15[a]	0.265	0.024
Ash	9.33[b]	10.40[b]	13.10[a]	0.255	0.005
Crude protein	7.81	7.70	9.06	0.333	0.223
Neutral detergent fiber	16.33[b]	29.00[a]	40.55[a]	2.03	0.001
Acid detergent fiber	12.00[c]	23.67[b]	34.50[a]	0.825	0.001
Total phenolic compounds	10.06[a]	9.92[a]	4.64[b]	0.431	0.001

Means with different superscript letters in same row are significantly different ($P<0.05$).
[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.
[2]Standard error of means

بستر کشت باشد. قارچ‌ها برای تأمین انرژی خود وابسته به کربوهیدرات‌های موجود در بخش آلی نمونه‌ها هستند. بنابراین در مراحل اولیه رشد از همی‌سلولز و سلولز استفاده می‌کنند که همین امر در نهایت منجر به کاهش غلظت بخش مواد آلی در بستر کشت می‌شود (Jalc *et al.*, 1996). کاهش درصد ماده آلی و به دنبال آن افزایش درصد خاکستر خام با گزارش‌های اکثر محققین که سوبستراها و گونه‌های مختلف قارچی را مورد مطالعه قرار داده‌اند مطابقت دارد (Rai *et al.*, 1989). بر این اساس، گزارش شده است که تخمیر بستر جامد الیاف میوه نارگیل (مقدار ۲۰ گرم نمونه) توسط قارچ *پلوروتوس ساجورکاجو* سبب افزایش مقدار مواد معدنی از ۳/۹۲ به ۶/۱۰ گرم شد (Shamim *et al.*, 2016). اما تفاوت‌هایی نیز با برخی مطالعات دیده می‌شود (Jalc *et al.*, 1998). همچنین در گزارشی بیان شده است که تخمیر سبوس برنج با قارچ *ولواریلا ولواسه* سبب شد که درصد خاکستر از ۴/۸۳ به ۳/۵۵ درصد کاهش یابد (Akinyele *et al.*, 2011). ایشان بیان کردند که کاهش درصد خاکستر در جریان تخمیر مواد لیگنوسلولزی، ممکن است به این دلیل باشد که میکروارگانیسم‌ها برای فعالیت متابولیکی خود در طول زمان تخمیر به برخی از عناصر نیاز داشته باشند و لذا آنها را مصرف کرده باشند. همچنین، برخی از مواد معدنی ممکن است بخشی از ماکرو مولکولها باشند که در جریان تخمیر شکسته شده و مواد معدنی موجود در آنها به فرم محلول از آنها آزاد شود، که این وضعیت بستگی به نوع سوبسترای مورد استفاده دارد (Akinyele *et al.*, 2011).

غلظت پروتئین خام در تفاله گوجه فرنگی در نمونه‌های عمل آوری شده در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش نشان داد ($P<۰/۰۵$). اما درصد پروتئین خام در پوست پسته تحت عمل‌آوری قرار نگرفت. افزایش غلظت پروتئین خام می‌تواند به دلیل میزان بالای پروتئین در میسلیوم قارچ و در نتیجه گسترش میسلیوم روی بستر کشت باشد (Shamim *et al.*, 2016). این‌طور به نظر می‌رسد که ناپدید شدن بخشی از مواد آلی در حین رشد و متابولیسم قارچ‌ها، باعث بر هم خوردن نسبت وزنی سایر بخش‌های مواد مغذی شده و بدین ترتیب درصد پروتئین خام در بستر کشت افزایش می‌یابد (Shojaosadati *et al.*, 1999). افزایش درصد پروتئین خام در نمونه‌های عمل‌آوری شده می‌تواند به دلیل ترشح آنزیم‌های خارج سلولی توسط

قارچها باشد (Akinfemi *et al.*, 2009; Shamim *et al.*, 2016). گزارش شده است که در موقع عمل‌آوری کاه گندم با قارچ *پلوروتوس استراتوس*، درصد پروتئین خام در کاه گندم از ۴/۵ به ۵/۹ درصد افزایش یافت (Jalc *et al.*, 1997). همچنین در یک تحقیق مشابه، عمل‌آوری سبوس گندم توسط قارچ *پلوروتوس استراتوس* سبب افزایش درصد پروتئین خام از ۱۳/۲ به ۲۰ درصد شده است (Kaur *et al.*, 2010).

غلظت NDF و ADF در هر دو نمونه، تحت تأثیر عمل-آوری قرار گرفتند. غلظت NDF در تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته پس از عمل‌آوری با قارچ افزایش یافت (P<۰/۰۵). غلظت ADF در هر دو نمونه نیز روند مشابهی را نشان داد و غلظت آن پس از عمل‌آوری با قارچ (به جز تیمار عمل‌آوری شده با اسپان در تفاله گوجه فرنگی) افزایش یافت. با خروج اتم‌های کربن موجود در ترکیبات هیدروکربنی به صورت گاز دی اکسید کربن، وزن اولیه نمونه کاهش یافته و در نتیجه نسبت و تعادل مواد مغذی در محصول تولید شده بر هم زده می‌شود و در نتیجه غلظت اجزای دیواره سلولی افزایش پیدا می‌کند. این وضعیت توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Shojaosadati *et al.*, 1999). افزایش ترکیبات دیواره سلولی ممکن است به دلیل وجود کیتین، بتاگلوکان و دی گلوکز آمین غیر قابل‌هضم در میسلیوم قارچها نیز باشد (Martin, 2002). بر خلاف نتایج ما، برخی از محققین کاهش اجزای دیواره سلولی در موقع عمل‌آوری با قارچ پوسیدگی سفید را گزارش کرده‌اند. بر این اساس، درصد الیاف خام در پوست بادام زمینی عمل‌آوری شده با *پلوروتوس استراتوس* و *پلوروتوس پلوموناریوس* کاهش یافت (Akinfemi, 2009). همچنین، اجزای دیواره سلولی و لیگنین کاه عمل‌آوری شده با *پلوروتوس استراتوس* به طور معنی‌داری کاهش یافت (Shrivastava *et al.*, 2011). علت این تناقض می‌تواند به خاطر تفاوت در نوع ماده خوراکی و به تبع آن تفاوت در ترکیب شیمیایی، نوع قارچ استفاده شده و نوع آنزیم های خارج سلولی قارچ باشد (Shamim *et al.*, 2016).

مطابق نتایج موجود در جداول ۱ و ۲، غلظت ترکیبات فنولی در تفاله گوجه فرنگی تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ قرار نگرفت. اما مقدار آن در پوست پسته تحت تأثیر عمل‌آوری، روند کاهشی نشان داد (P<۰/۰۵).

تجزیه ترکیبات فنولی توسط قارچهای پوسیدگی سفید از طریق تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات فنولی امکان‌پذیر است (Rai *et al.*, 1989). احتمالاً قارچ *پلوروتوس ساجور کاجو* با تولید آنزیم تاناز توانسته است میزان تانن را کاهش دهد. مشابه نتایج ما، در مطالعه‌ای میزان تانن و کل ترکیبات فنولی پوست گردو عمل‌آوری شده با قارچ *نوروسپورا ستیوفیلا* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Takalluzadeh *et al.*, 2015). همچنین، گزارش شده است که میزان ترکیبات فنولی در پوست پسته عمل-آوری شده با پنج نوع قارچ پوسیدگی سفید کاهش یافته است (Karimi *et al.*, 2010).

نتایج آزمون تولید گاز ۱۴۴ساعته : فراسنجه‌های مربوط به آزمون تولید گاز ۱۴۴ ساعته در تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته به ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر اساس جداول فوق، پتانسیل تولید گاز (A) در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با اسپان نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). کاهش گاز تولیدی در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با قارچ احتمالاً به دلیل استفاده قارچها از کربوهیدرات‌های سهل-الهضم و باقی گذاشتن اجزای دیواره سلولی غیر قابل هضم باشد (Shojaosadati *et al.*, 1999). به عبارت دیگر، افزایش درصد دیواره سلولی در نمونه‌های عمل‌آوری شده با قارچ منجر به کاهش گاز تولیدی می‌شود که علت آن احتمالاً به دلیل کاهش گوارش‌پذیری ماده آلی می‌باشد. افزایش دیواره سلولی می‌تواند سبب کاهش گوارش‌پذیری ماده آلی گردد و کاهش گوارش‌پذیری ماده آلی می‌تواند منجر به کاهش گاز تولیدی در نمونه‌های عمل‌آوری شده گردد. همچنین، ماهیت و نوع فیبر موجود در نمونه خوراک نیز بر میزان گاز تولیدی تأثیر گذار است (Babayemi *et al.*, 2004). اما مقدار A در پوست پسته تحت عمل‌آوری با قارچ قرار نگرفت. از سوی دیگر مقدار NDF پوست پسته پس از عمل آوری افزایش یافته است. عدم تغییر چشمگیر در شاخص های تولید گاز نشان میدهد که فرآوری این پسماند با اسپان قارچ تاثیر چندانی نداشته است. در توجیه افزایش مقدار دیواره سلولی می‌توان وجود تانن را موثر دانست. حرارت دادن (اتوکلاو و خشک کردن) در بعضی مواد خوراکی باعث پیوند محکم بین تانن و دیواره سلولی می‌شود که در حین اندازه‌گیری

دیواره‌سلولی، پلیمر تکیل شده به عنوان دیواره سلولی محاسبه می‌شود (Palmer *et al.*, 2000).

تفاوت در ترکیب شیمیایی خوراک‌ها مثل نشاسته، کربوهیدرات‌های غیرساختاری و کربوهیدرات‌های محلول، ماده آلی، پروتئین خام و دیواره سلولی نیز می‌تواند منجر به تفاوت در میزان تولید گاز شود (Getachew *et al.*, 2004). کاهش گاز تولیدی در موقع عمل‌آوری با قارچ *پلوروتوس فلوریدا* توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Kaur *et al.*, 2010).

مقدار فراسنجه B فقط در تیمار عمل‌آوری شده با میسیلیوم در تفاله گوجه فرنگی کاهش معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵) و مقدار این فراسنجه در پوست پسته تحت تأثیر عمل‌آوری قرار نگرفت. فراسنجه B نشان دهنده مدت زمانی است که نصف حداکثر تولید گاز در آن صورت گرفته است که به مقدار زیادی تحت تأثیر نرخ تولید گاز است و با افزایش نرخ تولید گاز، این زمان کاهش می‌یابد. افزایش فراسنجه B در تیمار تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با میسیلیوم نسبت به نمونه شاهد به دلیل افزایش درصد دیواره سلولی است که باعث افزایش زمان حداکثر تولید گاز شده است. جهت هضم اجزای دیواره سلولی نیاز به تکثیر میکروارگانیسم‌ها و تولید آنزیم می‌باشند تا منجر به افزایش فراسنجه B گردد. در بین تیمارهای مربوط به تفاله گوجه فرنگی و نیز پوست پسته از لحاظ درجه سیگموئیدی (c) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان سیگموئیدی بودن منحنی، نشان‌دهنده فرآیند تأخیر در فازهای اولیه انکوباسیون می‌باشد (Groot *et al.*, 1996). در فاز تأخیر، جمعیت میکروبی تکثیر می‌یابد و بر روی ذرات خوراک کلنی تشکیل می‌دهد. این فرآیند برای هضم ترکیبات نامحلول خوراک ضروری است. این فاکتور عمدتاً تحت تأثیر محتوای دیواره سلولی غیر قابل هضم و نیز میزان ترکیبات ضد مغذی می‌باشد (Dehority, 2003).

جدول ۳- فراسنجه های کینتیک تخمیر شکمبه ای در طول ۱۴۴ساعت انکوباسیون در تفاله گوجه فرنگی

Table 3. The parameters of rumen fermentation kinetic over 144 h incubation of tomato pulp

parameter	Experimental treatments				SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control[1]	Processed by mycelium	Processed by spawn		
A[3](ml/g OM)	55.19[a]	53.74[a]	50.03[a]	35.55[b]	4.54	0.035
B[4](h)	6.83[b]	7.94[ab]	11.66[a]	10.68[ab]	1.41	0.011
C[5]	1.26	1.27	1.14	1.23	0.12	0.930

Means with different superscript letters in same row are significantly different (P<0.05).

[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.

[2] Standard error of means

[3]Potential of gas production

[4]The time that half maximum of gas produced

[5]Sigmoidal constant

جدول۴- فراسنجه های کینتیک تخمیر شکمبه ای در طول ۱۴۴ساعت انکوباسیون در پوست پسته

Table 4. The parameters of rumen fermentation kinetic over 144 h incubation of pistachio hull

parameter	Experimental treatments			SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control [1]	Processed by spawn		
A[3](ml/g OM)	42.22[a]	22.95[b]	38.23[a]	2.45	0.001
B[4](h)	5.43[a]	1.59[b]	5.35[a]	1.05	0.040
C[5]	1.01	1.16	0.85	4.25	0.322

Means with different superscript letters in same row are significantly different (P<0.05).

[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.

[2] Standard error of means

[3]Potential of gas production

[4]The time that half maximum of gas produced

[5]Sigmoidal constant

نتایج آزمون تولید گاز۲۴ ساعته : نتایج مربوط به آزمون تولید گاز ۲۴ ساعته در تفاله گوجه‌فرنگی و پوست پسته به ترتیب در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. حجم گاز تولید شده در طول ۲۴ ساعت در تفاله گوجه فرنگی از ۱۰۴/۴۲ در تیمار شاهد به طور معنی‌داری به ۵۹/۲۵ میلی‌لیتر در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با اسپان کاهش یافت (P<۰/۰۵). اما در پوست پسته چنین روندی مشاهده نشد. گزارش شده است که مقدار گاز تولید شده در پوست بادام تخمیر شده با قارچ *پلوروتوس استراتوس* و *پلوروتوس پلوموناریوس* در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (Akinfemi, 2010). گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی نیز در تفاله گوجه فرنگی تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). اما گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در پوست پسته تحت تأثیر عمل‌آوری تغییر معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد افزایش درصد دیواره سلولی در تیمارهای تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده منجر به کاهش گوارش‌پذیری آن نسبت به تیمار شاهد شده است. کاهش گوارش‌پذیری در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده احتمالاً به دلیل استفاده میسلیوم قارچ از کربوهیدرات‌های محلول برای رشد و باقی گذاشتن اجزای دیواره سلولی باشد که در نتیجه سبب کاهش گوارش-پذیری شده است (Zadrazil, 1980). گوارش‌پذیری ماده آلی ارتباط معکوس با درصد دیواره سلولی و رابطه مستقیمی با درصد پروتئین دارد. قارچ‌های جنس پلوروتوس قادرند آنزیم‌هایی تولید کنند که ترکیبات پیچیده لیگنوسلولزی را تجزیه نمایند و منجر به افزایش گوارش‌پذیری شوند. اما در بعضی از موارد به دلیل شرایط محیط کشت از جمله نوع سوبسترا و نوع قارچ تفاوت‌هایی رخ می‌دهد. به‌طوری‌که قارچ نه تنها منجر به افزایش گوارش‌پذیری ماده خوراکی نمی‌شود بلکه منجر به کاهش آن نیز می‌شود (Fazaeli., 2007). در این خصوص، نتایج مربوط به کاهش گوارش‌پذیری ماده آلی در تفاله گوجه فرنگی با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Okano *et al.*, 2005). عدم تغییر در فراسنجه‌های تولید گاز مربوط به پوست پسته بیانگر ناکارآمد بودن فرآوری با قارچ مورد استفاده است.

مطابق جداول ۵ و ۶ ، غلظت انرژی قابل متابولیسم در تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ قرار نگرفت. گزارش شده است که مقدار انرژی قابل متابولیسم چوب ذرت عمل‌آوری شده با قارچ‌های *پلوروتوس ساجور کاجو* و *پلوروتوس پلوموناریوس* در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Akinfemi *et al.*, 2009). از طرف دیگر، انرژی قابل متابولیسم تخمین زده شده به روش تولید گاز برای پوست سبز گردوی عمل-آوری شده با قارچ *نوروسپورا ستیوفیلا* تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (Takalluzadeh *et al.*, 2015).

مطابق نتایج به دست آمده (جداول ۵ و ۶)، ضریب تفکیک (PF) در تفاله گوجه فرنگی و پوست پسته نیز تحت تأثیر عمل آوری با قارچ قرار نگرفت. PF یک شاخصی برای بیان کیفیت یک علوفه است و عبارت است از نسبت مقدار ماده آلی ناپدید شده واقعی (برحسب میلی‌گرم) به حجم گاز تولیدی (بر حسب میلی‌لیتر) در طول ۲۴ ساعت انکوباسیون (Blummel and Orskov, 1993). به عبارت دیگر، PF بیانگر این واقعیت است که چه مقدار ماده آلی تجزیه شده در شکمبه به سمت تولید اسیدهای چرب فرار و یا تولید توده میکروبی رفته است و هر چقدر مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان دهنده کیفیت بالاتر نمونه خوراک می‌باشد. PF بالاتر نشان‌دهنده این است که مواد تجزیه شده به جای تولید گاز، به سمت تولید توده میکروبی هدایت شده و راندمان سنتز پروتئین میکروبی آن بیشتر است (Blummel and Orskov, 1993). در رابطه با تفاله گوجه فرنگی، به نظر می‌رسد افزایش درصد خاکستر خام (و به دنبال آن کاهش درصد ماده آلی) در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ منجر به افزایش PF شده است (هر چند که این افزایش معنی‌دار نیست). زیرا خاکستر خام علی‌رغم حل شدن در محیط هیچ‌گونه گازی تولید نمی‌کند. در تیمارهای پوست پسته میزان PF در دامنه طبیعی قرار نداشت که احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات فنولی باشد. اساساً ترکیبات فنولی موادی غیر قابل هضم هستند که در محاسبات PF، آن‌ها را جزء مواد واقعاً هضم شده محسوب کرده و در نتیجه منجر به افزایش PF شده است (Makkar and Singh, 1992).

جدول ۵- فراسنجه های تولید گاز در تفاله گوجه فرنگی که بر اساس ۲۴ ساعت انکوباسیون برآورد شده است

Table 5. The parameters of gas production that estimated for 24 h incubation of tomato pulp

parameter	Experimental treatments				SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control[1]	Processed by mycelium	Processed by spawn		
GP_{24}[3] (ml/g OM)	104.42[a]	102.08[b]	60.58[b]	59.25[b]	4.83	0.001
AIVDMD[4] (%)	46.00[a]	43.00[a]	33.00[b]	32.00[b]	0.017	0.001
TIVDMD[5] (%)	70.00[a]	66.00[a]	58.00[b]	49.00[c]	0.02	0.001
ME[6] (Mcal/kg)	1.80	1.38	1.28	1.53	0.18	0.226
Partitioning factor	3.52[ab]	3.26[b]	4.09[a]	4.32[a]	0.26	0.032
Microbial biomass(mg/g)	124.33[a]	118[a]	122.50[a]	85.50[b]	9.89	0.038
SCFA[7] (mmol/l)	2.51[a]	2.22[ab]	1.49[b]	1.92[ab]	0.27	0.091

Means with different superscript letters in same row are significantly different ($P<0.05$).
[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.
[2]Standard error of means
[3]gas production
[4] Apparent in vitro dry matter digestibility
[5]True in vitro dry matter digestibility
[6] Metabolizable energy
[7]Short chain fatty acid

جدول۶- فراسنجه های تولید گاز در پوست پسته که بر اساس ۲۴ ساعت انکوباسیون برآورد شده است.

Table 6. The parameters of gas production that estimated for 24 h incubation of pistachio hull

parameter	Experimental treatments			SEM[2]	*P*-value
	Control	Positive control [1]	Processed by spawn		
GP_{24}[3] (ml/g OM)	52.25	60.63	55.42	4.6	0.462
AIVDMD[4] (%)	64.00	73.00	62.00	0.03	0.131
TIVDMD[5] (%)	79.00	83.00	75.00	0.03	0.191
ME[6] (Mcal/kg)	1.03	1.19	1.13	0.66	0.288
Partitioning factor	7.72	7.06	6.92	0.69	0.681
Microbial biomass(mg/g)	73.33	50.80	64.00	9.50	0.291
SCFA[7] (mmol/l)	1.26	1.53	1.40	0.12	0.296

Means with different superscript letters in same row are significantly different ($P<0.05$).
[1]Positive control: Treatment that is not inoculated with the fungus and is located inside the incubator.
[2]Standard error of means
[3]gas production
[4] Apparent in vitro dry matter digestibility
[5]True in vitro dry matter digestibility
[6] Metabolizable energy
[7]Short chain fatty acid

مطابق جدول ۵ ، غلظت پروتئین میکروبی تولید شده (MB) در تفاله گوجه فرنگی عمل‌آوری شده با اسپان در مقایسه با سایر تیمارها کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). اما مقدار MB در تیمارهای مربوط به پوست پسته تفاوت معنی‌داری نشان نداند. افزایش اجزای دیواره سلولی در نمونه‌های عمل‌آوری شده تفاله گوجه فرنگی منجر به کاهش MB شده است. به طور کلی، تولید MB بیشتر با PF بالاتر هماهنگ است (Makkar, 2005). این وضعیت در تیمارهای تفاله گوجه فرنگی صدق می‌کند. در تفاله گوجه فرنگی، تیمار شاهد با PF پایین دارای تولید MB بیشتری نسبت به نمونه های عمل‌آوری شده با قارچ بود. به نظر می‌رسد افزایش درصد دیواره سلولی در نمونه های عمل‌آوری شده منجر به کاهش MB شده است. زیرا افزایش درصد دیواره سلولی سبب کاهش هضم ماده آلی و در نهایت کاهش MB می‌گردد. این هماهنگی بین PF و MB در تیمارهای پوست پسته مشاهده نشد. با این حال، PF تنها عامل کنترل کننده MB نیست و عواملی نظیر تأمین نیتروژن کافی و همزمانی حضور ماده آلی قابل تخمیر و نیتروژن نیز بر MB تأثیرگذار است. عدم تغییر در توده میکروبی نشان‌دهنده ناکارآمدی فرآوری پوست پسته با قارچ مورد اشاره است.

غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید شده (SCFA) در تفاله گوجه فرنگی در تیمار عمل‌آوری شده با اسپان تغییر معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد نشان نداد. همچنین، مقدار SCFA در پوست پسته نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جداول ۵ و ۶). با توجه به

این که حجم گاز تولیدی نشان‌دهنده تخمیر مواد خوراکی به اسیدهای چرب فرار است، در نتیجه میزان گاز تولیدی نمونه‌های ذکر شده ارتباط مستقیمی با SCFA دارد (Blummel and Orskov, 1993). همچنین، مقدار SCFA ارتباط مستقیمی با انرژی قابل متابولیسم دارد. زیرا با افزایش مقدار انرژی قابل متابولیسم، مقدار SCFA نیز افزایش می یابد (Menke and Steingass, 1988). احتمالاً بخشی از ماده آلی تجزیه شده در فرآوری تفاله گوجه به جای تولید گاز به سمت تولید توده میکروبی رفته است (Makkar, 2005). همچنین بخشی از کاهش غلظت اسیدهای چرب به خاطر کم شده مواد آلی پسماند پس از فرآوری می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد درصد پروتئین خام در نمونه‌های آزمایشی تحت تأثیر عمل‌آوری با قارچ افزایش یافت. میزان ترکیبات فنولی در پوست پسته عمل آوری شده با قارچ در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت که منجر به افزایش ارزش غذایی آن شد. اما به دلیل افزایش اجزای دیواره سلولی در نمونه های عمل آوری شده نسبت به شاهد، گوارش‌پذیری آنها به طور مطلوبی تحت تاثیر قرار نگرفت. به طور کلی فرآوری هر دو پسماند با قارچ *پلوروتوس ساجورکاجو* تاثیر مثبتی نداشت و پیشنهاد می شود سایر روش‌های عمل‌آوری مورد آزمایش قرار گیرند.

فهرست منابع

Adenipekun C. O. and Fasidi I. O. 2005. Degradation of selected agricultural wastes by Pleurotus tuber-regium and Lentinus-Nigerian edible mushrooms. Advances in Food Science, 27:61-64.

Akinfemi A. 2010. Bioconversion of peanut husk with white rot fungi: *pleurotus ostreatus* and *pleurotus pulmonariud*. Livestock Research for Rural Development, 22: 3.

Akinfemi A. 2012. Upgrading of sugarcane bagasse by solid state fermentation with *pleurotus sajor caju* and pleurotus floridaand the impaction the chemical composition and *in vitro* digestibility. Animal Feed Science and Technology, 28:603-611.

Akinfemi A., Babayemi O. J. and Jonathan S. G. 2009. Bioconversion of maize husk into value added ruminant feed by using white-rot fungus. Revista Científica Agrícola. 9(4): 972-978.

Akinyele B. J., Olaniyi O. O. and Arotupin D. J. 2011. Bioconversion of Selected Agricultural Wastes and Associated Enzymes by Volvariella volvacea: An Edible Mushroom. Research Journal of Microbiology, 6: 63-70.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. I (or Vol. II).15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Babayemi O. J., Demeyer D. and Fievez V. 2004. *In vitro* rumen fermentation of tropical browse seeds in relation to their content of secondary metabolites. Journal of Animal and Feed Science, 13(1): 31–34.

Begum M. F. and Alimon A. R. 2013. Nutritional quality enrichment of rice straw using *Pleurotus sajor caju* (Fr.) Singer and Micro-Filamentous Fungi, Bangladesh Journal of Botany, 42(2):333-341.

Belewu M.A. 2006. Conversion of masonia tree sawdust and cotton plant by product into feed by white rot fungus (pleurotus sajor caju. African. Journal of Biotechnology,5(6):503-504.

Besharati M. and Taghizadeh A. 2008. Evaluation of some by-products using in situ and in vitro gas production techniques. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 3(1): 7-12.

Blummel M. and Orskov E. R. 1993. Composition of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. Journal of Animal Science, 40:109-119.

Dehority B. A. 2003. Rumen microbiology. Nottingham University Press, Nottingham, Uk.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2008. Website: http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault. aspx?PageID=567#ancor.

Fazaeli H. 2005. Determination of the digestibility and voluntary intake of diet containing different proportions of dried pistachio by- products. Animal Science Research Institute, Karaj (In Farsi).

Fazaeli H. 2007. Nutritive value index of treated wheat straw with pleurotus fungi. Animal Feed Science and Technology, 23(5-6): 169-180.

Fazaeli H., Azizi A., Mirhadi S. A. and Mahmoudzadeh H. 2001. Mycelial running of six species of Pleurotus fungi in three different substrates. Proceedings of the Second Iranian Biotechnology Conference. pp. 821-829.

Fazaeli, H., BonakdarpourKhan B. and Vahabzadeh F. 1999. A study on the effect of Pleurotus sajur-caju fungi on the nutritive value of sugar cane baggas. Animal Science Congress of Iran.Pp: 2325-2329. (In Farsi).

Getachew G., Robinson P. H., Depeters E. J. and Taylor S. J. 2004. Relationships between chemical composition dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. Animal Feed Science Technology, 111: 57-51

Groot J. C. J., Cone J. W., Williams B. A., Debersaques F. M. A. and Lantinga E. A. 1996. Multi phasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. Animal Feed Science Technology, 64: 77–89.

Jalc D., Nerud F., Zitnan R. and Siroka P. 1996. The effect of white-rot basidiomycetes on chemical composition and *in vitro* digestibility of wheat straw. Folica Microbiology, 41: 73-75.

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

Jalc D., Siroka P. and Cerensnakovo Z. 1997. Effect of six species of white – rote basidiomycetes on the chemical composition and rumen degradability of wheat straw. The Journal of General and Applied Microbiology, 43:133–137.

Karimi E., Oskoueian E., Hendra R. and Jaafar H. Z. 2010. Solid state fermentation effects on pistachio hulls antioxidant activities. Presented in the 3rd international conference for value added agricultural products (3rd Fermentation Research Center for Value Added Agricultural Products Conference).15(5): 2553.

Kaur K., Wadhwa M. and Bakshi M. P. S. 2010. Nutritional evaluation of *pleurotus florida* harvested spent wheat-rice straw based diets in goats, Indian Journal of Animal Sciences, 80: 906-909.

Lena G. D., Vivanti V. and Quaglia C. B. 1997. Improving the nutritional value of wheat bran by a white-rot fungus. Food Science and Technology, 32: 513-519.

Makkar H. P. S. 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. Animal Feed Science and Technology, (123-124): 291-302.

Makkar H. P. S. and Singh B. 1992. Effect of wood ash on tannin content of oak (quercusincana) leaves. Bio resource Technology, 41:85–86.

Makkar, H. P. S. 2010. *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In: Vercoe, P.E., Makkar, H. P. S., Schlink, A. C. (Eds.), *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. IAEA, Dordrecht, the Netherlands, pp. 107–144.

Martin S. 2002. Tropical Topics. An Interpretive Newsletter for The Tourism Industry. No.72.

McDonald P., Edwards A. R., Greenhalp J. F. D. and Morgan C. A. 2002. Animal Nutrition. (6th Ed), Prentice Hall, London.

Menke K. H. and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Development, 28: 7-55.

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: 235–43.

Palmer B., Jones R.J., Wina E. and Tangendjaja B. 2000. The effect of sample drying conditions on estimates of condensed tannin and fibre content, dry matter digestibility, nitrogen digestibility and PEG binding of Calliandra calothyrsus. Animal Feed Science and Technology, 87: 29-40.

Quimio T. H., Chang S. T. and Royse D. J. 1990. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. Food and Agriculture Organization Press, Rome, Italy.

Rai S.N., Walli T. K. and Gupta B. N. 1989. The chemical composition and nutritive value of rice straw after treatment with urea of *Coprinus fimetarius* in a solid state fermentation system. Animal Feed Science and Technology, 26:81-92.

SAS. 2001. User's guide.SAS Institute, Cary North Carolina, USA.

Shakeri P., Riasi A., Alikhani M., Fazaeli H. and Ghorbani G. R. 2012. Effects of feeding pistachio by-products silage on growth performance, serum metabolites and urine characteristics in Holstein male calves. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Blackwell Verlag GmbH, DOI: 10.1111/jpn.12005.

Shamim H. M., Hussain M. S. and Al-Mahin A. 2016. Soild-state fermentation of coconut coir by *Pleurotus sajor caju* increases the anti-oxidant properties and nutritional value. Biotechnology, 15(6): 141-147.

Shojaosadati S. A., Faraidouni R. and Madadi-Nouei A. 1999. Protein enrichment of lignocellulosic substrates by solid state fermentation using neurospora sitophila. Conservation and Recycling, 27: 73-78.

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: 823–831.

Tahmasbi R. and Dayani O. 2015. Feeding mixed corn plant and different levels of tomato pomace silage and its effect on performance of Holstein cows. Journal of Ruminant Research, 3(1): 71-86 (In Farsi).

Takalluzadeh M., Dayane A., Tahmasebi R. and khezri A. 2015. Determine chemical composition, physical properties and nutritional value of green walnut skin treated by Neurospora by using nylon bag and gas production..Journal of Animal Science Research, 6:248-257 (In Farsi).

Van Soest P. J., Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

Zadrazil F. 1980. Conversion of different plant waste in to feed by basidiomycetes. European Journal Applied Microbiology, 9: 243-248.

Animal Production Research

Vol. 5, No. 4, 2017 (79-91)

University of Guilan

Determination of chemical composition, gas production and *in vitro* fermentation parameters of tomato pulp and pistachio hull treated by *Pleurotus sajor cajo*

A. Salehi[1], D. Alipour[2*], S. Mirzaei[3], Kh. Zaboli[4]

1. MS.c graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Associate Professor, department of animal science, faculty of agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3. Assistant Professor, department of plant protection, faculty of agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
4. Assistant Professor, department of animal science, faculty of agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

(Received: 6-19-2016 – Accepted: 3-10-2017)

Abstract

This study was carried out to assess the nutritional value of tomato pulp (TP) and pistachio hull (PH) treated by *pleurotus sajor cajo* fungi. The treatments for TP were control (not incubated), positive control (incubated without inoculation), treated with mycelium and treated with spawn, and for PH were control (not incubated), positive control (incubated without inoculation) and treated with spawn. Twenty five grams per each two above-mentioned samples and three replicates of each treatments were poured into the glass flask and after sterilizing were kept inside an incubator at 25 °C for three weeks. Data were analyzed based on a completely randomized design. Dry matter, ash and crude protein concentrations from TP were 95.27, 2.40 and 12.81 percent and from PH were 94.63, 9.33 and 7.81 percent, respectively. Processing with fungi led to increase these components in both of two samples (P<0.05). Phenolic compounds of PH decreased due to treatment with fungi (P<0.05). In TP treated, comparing to control, gas production after 24 hours incubation, apparent *in vitro* dry matter digestibility and true *in vitro* organic matter digestibility reduced (P<0.05). Wheras, no changes were observed in PH, due to processing. In TP treated with spawn, compared with control group, the potential of gas production decreased (P<0.05). Overally, the results of this study showed that the nutritional value of tomato pulp and pistachio hull were not increased desirably by *pleurotus sajor cajo* treatment.

Keywords: Chemical composition, Digestibility, Gas production, Phenolic compounds, *in vitro* fermentation

[*] Corresponding author: alipourd@basu.ac.ir