مجله علوم دامی ایران
دوره ۴۰، شماره ۴، ۱۳۸۸ (۱۲-۱)

اثر قارچ نوروسپورا سیتوفیلا بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری تفاله چغندرقند

مسعود دشتی ساریدرق[۱]، یوسف روزبهان[۲]* و سید عباس شجاع‌الساداتی[۳]
۱، ۲، دانشجوی کارشناسی ارشد و عضو هیأت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳، عضو هیأت علمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲- تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۲)

چکیده

تحقیق حاضر به منظور تعیین ارزش غذایی تفاله چغندرقند خشک، پرک و بدون ملاس عمل‌آوری شده با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا (*Neurospora sitophila*) از طریق تعیین ترکیب شیمیایی، ضرایب قابلیت هضم به روش ***in vitro*** و تجزیه‌پذیری ماده خشک (DM) و پروتئین خام (CP) به روش ***in sacco*** انجام شد. نتایج به دست آمده توسط آزمون t مورد مقایسه قرار گرفت. مقادیر DM، CP، دیواره سلولی (NDF)، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) و خاکستر خام در تفاله چغندرقند قبل از عمل‌آوری به ترتیب ۹۰، ۹/۲، ۴۶/۶، ۳۰/۰ و ۵/۶ درصد ماده خشک و پس از عمل‌آوری به ترتیب برابر ۷۸، ۲۵/۶، ۲۷/۲، ۲۵/۴ و ۶/۳ درصد ماده خشک بود. فرایند عمل‌آوری با قارچ، موجب کاهش معنی‌دار مقادیر DM، NDF و ADF و افزایش CP شد (P<۰/۰۵). ضرایب هضمی ماده خشک و آلی و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک برای تفاله چغندرقند خام به ترتیب ۶۵/۸، ۷۰/۹ و ۶۶/۹ درصد، و برای تفاله عمل‌آوری شده ۸۲/۴، ۸۹/۶ و ۸۳/۹ درصد بود. تفاوت در ضرایب هضمی انجام شده بین نمونه‌های خام و عمل‌آوری شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). میزان انرژی قابل متابولیسم (ME) در تفاله خام ۲/۵ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک بود که پس از عمل‌آوری با قارچ افزایش (۳/۱ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) یافت (P<۰/۰۵). تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تفاله چغندرقند عمل‌آوری نشده در سرعت‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ به ترتیب برابر ۶۷/۹، ۵۹/۷ و ۵۴/۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک و پس از عمل‌آوری برابر ۷۵/۲، ۶۲/۴ و ۵۵/۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. به علاوه، ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در سرعت‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ قبل از عمل‌آوری به ترتیب برابر ۶۴/۱، ۵۴/۵ و ۴۶/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک و پس از عمل‌آوری برابر ۶۶/۴، ۵۸/۵ و ۴۹/۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. پس از عمل‌آوری، تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین به میزان معنی‌داری بهبود یافت (P<۰/۰۵). از سوی دیگر، مشخصه‌های تجزیه‌پذیری a، b و c نیز برای ماده خشک و پروتئین و مقدار پروتئین قابل متابولیسم پس از عمل‌آوری با قارچ به میزان معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). در مجموع، عمل‌آوری با قارچ *نوروسپورا سیتوفیلا* موجب افزایش غلظت پروتئین خام، ضرایب قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین تفاله چغندرقند شد.

واژه‌های کلیدی: تفاله چغندرقند، نوروسپورا سیتوفیلا، ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم، تجزیه‌پذیری.

* نویسنده مسئول: یوسف روزبهان تلفن: ۰۹۱۲-۳۹۰۵۴۸۱ E-mail: rozbeh_y@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

کمبود منابع خوراک دام در کشور یکی از موانع مهم در افزایش فرآورده‌های دامی محسوب می‌شود و لذا ایجاد منابع ارزان و جدید پروتئینی به منظور تغذیه دام ضروری است (Moazami & Shojaosadati, 1990). برای جبران کمبود مواد خوراکی (به‌ویژه مواد پروتئینی) پژوهش در زمینه تولید مواد خوراکی غنی از پروتئین جهت مصرف دام جزء اولویت‌های بخش دامپروری می‌باشد. استفاده مؤثر از فراورده‌های فرعی صنایع غذایی به عنوان خـوراک دام به برخی از عوامل از جمله ترکیب مواد مغذی موجود در این فراورده‌ها در مقایسه با نیازهای دام بستگی دارد (McDonald et al., 1995). عامل مهم دیگر، مقرون به‌صرفه بودن عمل‌آوری این فراورده‌ها جهت استفاده از آن به عنوان خوراک دام است (Lonsane, 1985). تفاله چغندرقند فراورده فرعی کارخانه‌های قند است که حاوی مقدار زیادی الیاف خام است. تفاله چغندرقند از پکتین، سلولز و همی‌سلولز به مقادیر تقریباً برابر تشکیل شده است (Depeters et al., 1997). مقدار لیگنین در تفاله کم بوده و به همین علت گوارش‌پذیری آن بالاست. تفاله چغندر به‌عنوان منبع انرژی در تغذیه دام مطرح است و مقدار پروتئین خام آن در مقایسه با مکمل‌های پروتئینی پایین می‌باشد (McDonald et al., 1995). یکی از روش‌هایی که اخیراً جهت افزایش ارزش غذایی خوراک دام به کار می‌رود، کشت میکروارگانیسم‌های مختلف بر روی فرآورده‌های فرعی و پس‌ماندهای کشاورزی به منظور بهبود کیفیت پروتئین آنهاست (Madadi-nouei, 1997). میکروارگانیسم‌های تولیدکننده پروتئین تک‌یاخته‌ای، با رشد بر روی تفاله چغندرقند، از مقادیر قابل توجهی الیاف گوارش‌پذیر موجود در ساختمان تفاله استفاده کرده و آن را به پروتئین در ساختمان خود تبدیل می‌کنند و بدین وسیله تفاله با روش زیستی غنی می‌گردد (Xue et al., 1992; Nigam, 1994). عمل‌آوری زیستی تفاله چغندرقند با قارچ، احتمالاً درصد پروتئین آن را افزایش خواهد داد. با کشت قارچ مایروتیکوم وروکاریا روی تفاله چغندرقند، میزان پروتئین به ۳۵/۶ درصد رسانده شده است. پروفیل اسیدهای آمینه نشان داد که به جز متیونین، میزان سایر اسیدهای آمینه افزایش یافته است (Lonsane et al., 1985). همچنین، Durand & Chereau (1988)، تفاله چغندرقند را توسط قارچ تریکودرما آلبوم به مدت ۵۰ ساعت فراوری نمودند و موفق شدند ضمن افزایش غلظت پروتئین خام در فراورده تولیدی، ترکیب اسیدهای آمینه را نیز بهبود بخشند. طی پژوهشی دیگر، روش تخمیر کشت جامد با استفاده از قارچ آسپرژیلوس تارمائی به مدت ۴۸ ساعت بر تفاله چغندرقند و در مقیاس نیمه‌صنعتی موجب شد تا محتوای پروتئین خام آن به ۲۲/۴ درصد برسد (Xue et al., 1992). به عبارت دیگر، وجود کربوهیدرات‌های ساختمانی و مقادیر زیاد الیاف خام در تفاله چغندرقند، عمدتاً آن را به عنوان یک خوراک انرژی‌زا در جیره دام مطرح ساخته است. تأثیر فرآیندهای زیستی بر این ماده خوراکی توسط میکروارگانیسم‌ها، سبب تجزیه الیاف خام آن به وسیله آنزیم‌های خارج سلولی شده و آن را به یک فراورده پروتئینی تبدیل خواهد کرد. در این صورت شاید بتوان ماده خوراکی فوق را به‌عنوان یک افزودنی پروتئینی در جیره دام منظور نمود (Shojaosadati et al., 1999). توجه با این نکته مهم است که نوع میکروارگانیسم یکی از مهمترین پارامترها طی عمل‌آوری می‌باشد زیرا با وجود میکروارگانیسم‌های لیگنوسلولولیتیک متعدد، همه آنها برای فرایند غنی‌سازی پروتئین مناسب نمی‌باشند. به علاوه، برقرار نمودن شرایط بهینه برای رشد میکروارگانیسم‌ها نیز نکته در خور توجهی خواهد بود. قارچ نوروسپورا سیتوفیلا، جزء دسته آسکومیست‌ها می‌باشد که به عنوان قارچ‌های عالی شناخته می‌شوند. آنها در شرایط محیطی وسیعی قادر به زندگی بوده و ترکیباتی از قبیل گلوکز، سلولز و کراتین را تجزیه می‌کنند که از سلولز موجود در تفاله مرکبات به عنوان منبع کربنی و از آمونیاک به عنوان منبع ازت استفاده کرده و تولید پروتئین می‌نمایند (Griffiths & Done, 1991). مزیت استفاده از قارچ نوروسپورا سیتوفیلا در تخمیر حالت کشت جامد آن است که دوره رشد این قارچ از دوره رشد بسیاری از دیگر قارچ‌ها و برخی باکتری‌ها کوتاه‌تر است (Moo-Young et al., 1993). میزان تولید پروتئین توسط قارچ مذکور طی ۵۰ ساعت، برابر ۲۰ درصد است و میزان تجزیه سلولز توسط این

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ در مقایسه با سایر قارچها بیشتر است (Durand & Chereau, 1988). در مورد ارزش غذایی و خصوصیات کیفی و تجزیه‌پذیری پروتئین تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا اطلاعات چندانی وجود ندارد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر عمل‌آوری تفاله چغندرقند با استفاده از کشت قارچ میکروسکوپی نوروسپورا سیتوفیلا بر ارزش غذایی این خوراک بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

در این پژوهش، سوبسترای مورد آزمایش (تفاله چغندرقند) به صورت تفاله چغندرقند خشک، پرک و بدون ملاس، از کارخانه قند شرکت سهامی کشت و صنعت مغان تهیه گردید که پس از هوا دادن و خشک کردن، نمونه مورد آزمایش به صورت همگن و یکنواخت از آن انتخاب شد. جهت عمل‌آوری تفاله چغندرقند با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا از روش Shojaosadati et al. (1998) استفاده گردید. قارچ نوروسپورا سیتوفیلا در طول دوره انکوباسیون روی تفاله چغندرقند (سوبسترا) رشد نموده و فراورده تولید شده جهت آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

عمل‌آوری نمونه‌ها

تهیه مایه تلقیح (inoculum): از روی کشت اصلی قارچ نوروسپورا سیتوفیلا در شرایط کاملاً استریل به هر کشت آگار دکستروز سیب‌زمینی-Potato Dextro Agar) (PDA یک لوپ میسلیوم قارچ تلقیح شد و در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. پس از آن کشت‌های تهیه شده در دمای ۴ درجه سانتیگراد درون یخچال قرار داده شدند. ترکیب محیط کشت نگهدارنده و مایه تلقیح (در یک لیتر) به شرح ذیل بود (Moo-Young et al., 1993): گلوکز، ۱۰ گرم؛ عصاره مخمر (محیط کشت)، ۲ گرم؛ فسفات هیدروژن پتاسیم (KH_2PO_4)، ۰/۷۱۴ گرم؛ اوره، ۰/۸۶ گرم؛ سولفات آمونیوم ($(NH_4)_2SO_4$)، ۰/۴۷ گرم؛ سولفات منگنز ($MgSO_4.7H_2O$)، ۰/۲ گرم؛ کلرید کلسیم، ۰/۲ گرم؛ سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$)، ۴/۴ میلی‌گرم؛ اسید بوریک (H_3BO_3)، ۰/۱۴۴ میلی‌گرم؛ مولیبدات آمونیوم ($(NH_4)_6\ Mo_7O_{24}.\ 4H_2O$)، ۰/۴۸ میلی‌گرم؛ سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$)، ۰/۷۸ میلی‌گرم؛ کلرید منگنز ($MnCl_2.4H_2O$)، ۰/۱۴۴ میلی‌گرم؛ کلرید آهن ($FeCl_3$)، ۳/۲ میلی‌گرم.

لازم است که پیش از افزودن قارچ به محیط کشت تلقیح، برای جلوگیری از رشد سایر میکروارگانیزم‌ها بر محیط رشد قارچ، محلول فوق استریل گردد. لذا محیط رشد قارچ در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار psi ۱۵ به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید. در شرایط کاملاً استریل چند لوپ از میسلیوم‌های قارچ روی کشت به درون ارلن محتوی محیط کشت نگهدارنده تلقیح گردید و در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. کشت تلقیحی به دست آمده برای نگهداری به یخچال با دمای ۴ درجه سانتیگراد منتقل شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها: به منظور حداکثر ساختن رشد قارچ روی تفاله، ابتدا مقداری از تفاله چغندر خشک در آزمایشگاه آسیاب شد و با الک دارای قطر ۲۰ میکرومتر غربال گردید تا ذراتی به قطر ۱ میلی‌متر به دست آید (Banerjee et al., 1995). مقدار ۴ گرم از تفاله آسیاب شده درون یک ارلن ریخته شد و سپس ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و pH آن تعیین شد که برابر با ۵/۰۸ بود. سپس برای رسیدن pH به ۵/۵، یعنی pH مناسب جهت حداکثر رشد قارچ (Madadi-nuei, 1997)، به میزان مناسب سود ۱ درصد اضافه گردید (Shojaosadati et al., 1999). بهترین رطوبت برای رشد این قارچ بر تفاله ۷۵ درصد است. لذا، با دانستن درصد ماده خشک تفاله چغندرقند (۹۰ درصد) و افزودن مقدار ۲۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۱۰۰ گرم از تفاله مذکور حد بهینه رطوبت مورد نیاز حاصل گردید. بدین صورت که: مقدار ۱۰۰ گرم از تفاله چغندرقند دارای ۹۰ گرم ماده خشک + ۱۰ گرم رطوبت بود. مقدار آب مقطر افزوده شده نیز حدود ۲۷۰ گرم بود. یعنی کل وزن حاصل برابر ۳۷۰ گرم گردید که ۲۸۰ گرم آن را رطوبت تشکیل می‌داد. حاصل تقسیم مقدار ۲۸۰ بر ۳۷۰ برابر ۰/۷۵۶ یا همان ۷۵ درصد رطوبت خواهد بود.

مهمترین عامل در رشد قارچ نوروسپورا سیتوفیلا نسبت کربن به نیتروژن است (Shojaosadati et al., 1999). به این منظور ۲/۳۲ گرم سولفات آمونیوم به

Archive of SID

www.SID.ir

عنوان منبع نیتروژن به ۱۰۰ گرم تفاله اضافه گردید. از سوی دیگر چون در تفاله چغندر عنصر فسفر به مقدار کافی وجود ندارد، لذا ۲/۰۵ گرم دی‌هیدروژن پتاسیم فسفات به عنوان منبع فسفره به ۱۰۰ گرم تفاله اضافه شد (Shojaosadati et al., 1999).

تلقیح قارچ و عمل‌آوری: پس از استریل شدن ارلن‌ها و محتویات آنها، عمل تلقیح قارچ روی تفاله‌ها (به ازای هر ۱۰۰ گرم از تفاله مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محیط کشت قارچ) در زیر هود و در شرایط استریل انجام شد. سپس، ارلن‌ها به دستگاه انکوباتور منتقل گردید و به مدت ۱۲۰ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از طی این مدت، ارلن‌ها از انکوباتور خارج شده و نمونه‌های داخل هر کدام به طور جداگانه داخل پتری گذاشته شد. این نمونه‌ها داخل آون در دمای ۴۸ درجه سانتیگراد (جهت جلوگیری از تخریب ساختمان پروتئین‌ها) قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن کامل، نمونه‌ها به طور جداگانه آسیاب گردید (Shojaosadati et al., 1999).

تجزیه شیمیایی

میزان ماده خشک (با خشک کردن نمونه‌ها در آون مجهز به هواکش)، پروتئین خام (توسط دستگاه کلدال) و خاکستر خام (با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی) طبق روش‌های استاندارد AOAC (1990) تعیین شد. مقدار دیواره سلولی (NDF) با استفاده از محلول شوینده خنثی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) با استفاده از محلول شوینده اسیدی تعیین گردید (Van Soest et al., 1991). برای تعیین نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN)، ابتدا بخش دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) با استفاده از روش Van Soest et al. (1991) جداسازی شد و سپس میزان نیتروژن موجود در بقایای نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از دستگاه کلدال و بر اساس روش AOAC (1990) تعیین گردید.

قابلیت هضم با روش آزمایشگاهی

تعیین قابلیت هضم ماده خشک (Dry Matter Digestibility)، قابلیت هضم ماده آلی (Organic Matter Digestibility) و میزان ماده آلی قابل هضم در ماده خشک (Digestible Organic Matter in Dry Matter) بر اساس روش آزمایشگاهی Tilley & Terry (1963) و با استفاده از محلول بزاق مصنوعی McDougall (1948) انجام پذیرفت. برای تهیه شیرابه شکمبه از سه رأس گاو نر سالم، مجهز به فیستوله شکمبه، نژاد تالشی، هم سن، با وزن تقریباً برابر استفاده گردید. دام‌ها دو وعده در روز به فواصل مساوی و منظم با جیره‌ای حاوی ۷۰۰ گرم در کیلوگرم علوفه خشک و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم مخلوط کنسانتره، به میزان ۱/۲ برابر نیاز نگهداری، تغذیه شدند. آب تازه نیز به طور آزاد در اختیار دام‌ها قرار داشت. شیرابه شکمبه، پیش از تغذیه صبحگاهی، از دو بخش جامد و مایع محتویات شکمبه جمع‌آوری و تحت جریان دی‌اکسید کربن در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد به طور کامل مخلوط و سپس صاف گردید. مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه توزین گردید. لوله‌ها در تعداد ۲ دور مرتب گردید که در هر دور ۳ تکرار از نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد. تعداد ۳ لوله بدون نمونه هم به عنوان شاهد در هر دور نظر گرفته شد. حجم مورد نیاز از بزاق مصنوعی در ارلن‌مایر ریخته شد و روی حمام آب ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داده شد. تحت جریان دی‌اکسید کربن، pH بزاق مصنوعی در ۶/۸ الی ۷ تنظیم شد. یک میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم به هر لیتر از بزاق مصنوعی اضافه گردید. یک قسمت از مایع شکمبه با چهار قسمت از بزاق مصنوعی برای تهیه مایه تلقیح مخلوط شد. لوله‌های سانتریوفوژ برای گرم بودن، پیش از تزریق مخلوط شیرابه شکمبه-بزاق مصنوعی، در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داده شد و تحت جریان دی‌اکسید کربن قرار داده شدند. میزان ۳۵ میلی‌لیتر مخلوط شیرابه شکمبه-بزاق مصنوعی به هر لوله اضافه گردید. لوله مجدداً تحت جریان دی‌اکسید کربن قرار گرفت. کلاهک لوله گذاشته شد و در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داده شد. طی ۱۲ ساعت ابتدایی مرحله انکوباسیون بی‌هوازی هر ۳ ساعت یک بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک بار عمل تکان دادن لوله‌ها انجام پذیرفت. پس از پایان ۴۸ ساعت انکوباسیون، به هر لوله ۳۵ میلی‌لیتر محلول پپسین اسیدی اضافه گردید و انکوباسیون به مدت ۴۸ ساعت در ۳۹ درجه سانتیگراد صورت گرفت. در ۱۲ ساعت اول هر ۳ ساعت یک‌بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک‌بار لوله‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

به هم زده شد. بعد از ۴۸ ساعت، لوله‌ها از انکوباتور خارج گردید. بقایا با استفاده از کاغذ صافی از پیش وزن شده فیلتر شد. بقایا به همراه کاغذ صافی در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید و پس از آن در دسیکاتور خنک و توزین شد. بقایا در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت سوزانده شد و در نهایت ضرایب گوارش‌پذیری محاسبه شد. انرژی قابل سوخت و ساز نیز به ترتیب، با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید (Alderman & Cottrill, 1995):

$$ME(MJ/kgDM)=DOMD(g/kgDM)\times 0.0157$$

تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین

ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی (*in situ*) تعیین گردید (AFRC, 1992). بدین منظور از سه رأس گاو نر سالم، مجهز به فیستوله شکمبه، نژاد تالشی، هم سن، با وزن تقریباً برابر استفاده گردید. شش زمان انکوباسیون صفر، ۲، ۶، ۸، ۲۴ و ۴۸ ساعت در نظر گرفته شد. پس از هر مرحله انکوباسیون کیسه‌ها خارج شده، با آب شستشو گردیده و در آون خشک و توزین شدند. با استفاده از دستگاه کلدال درصد نیتروژن نمونه‌های باقیمانده در کیسه‌ها اندازه‌گیری شد و میزان نیتروژن از دست رفته در هر زمان تخمیر مشخص گردید. برای محاسبه پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP)، میزان نیتروژن از دست رفته و حل شده در شکمبه در ضریب ۶/۲۵ ضرب شد. با کسر کردن مقدارRDP از CP میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (UDP) به‌دست آمد. با در دست داشتن مقادیر RDP و UDP و با استفاده از نرم افزار Neway ضرایب a، b، c و ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر نیتروژن (ED) برآورد گردید. مقدار پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه (ERDP) با استفاده از رابطه ERDP=0.8QDP+SDP محاسبه گردید که در آن QDP=a×CP و SDP=[(b×c)/(c+r)]×CP بود. میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه اما قابل هضم در روده (DUP) نیز بر اساس رابطه DUP=0.9(UDP-6.25ADIN) محاسبه شد و در نهایت میزان پروتئین قابل متابولیسم (MP) با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (AFRC, 1993):

$$MP=0.64ERDP+DUP$$

تجزیه آماری

اختلاف بین میانگین تیمارها، قبل و پس از عمل‌آوری، با استفاده از آزمون t مقایسه شد (Steel & Torrie, 1980). مدل آماری مورد استفاده $Y_{ij}=\mu+T_i+e_{ij}$ بود که Y_{ij} مقدار عددی هر مشاهده، μ میانگین صفت اندازه‌گیری شده، T_i اثر تیمار و e_{ij} خطای آزمایشی بود. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج

تجزیه شیمیایی

همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان پروتئین خام پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵)، اما افزایش اندکی در محتوای خاکستر خام ایجاد شد که معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). مقادیر NDF و ADF پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵).

جدول۱- ترکیب شیمیایی تفاله چغندرقند قبل و پس از عمل‌آوری (درصد ماده خشک)

	قبل از عمل‌آوری	پس از عمل‌آوری	اختلاف معنی‌دار
ماده خشک	۹۰	۷۸	*
ماده آلی	۹۴/۴±۰/۳۸ [۱]	۹۳/۷±۰/۱۷	ns
خاکستر خام	۵/۶±۰/۱۰	۶/۳±۰/۰۵	ns
پروتئین خام	۹/۲±۰/۷۶	۲۵/۶±۰/۴۲	*
دیواره سلولی (NDF)	۴۶/۶±۱/۱۸	۲۷/۲±۱/۲۵	*
دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF)	۳۰/۰±۱/۲۲	۲۵/۴±۱/۳۱	*
نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN)	۰/۰۷۵±۰/۰۰۹	۰/۰۷۲±۰/۰۰۶	ns

۱. انحراف معیار ± میانگین *: دارای اختلاف آماری در سطح ۵ درصد ns: عدم وجود اختلاف آماری

Archive of SID

www.SID.ir

ضرایب قابلیت هضم

داده‌های مربوط به اندازه‌گیری ضرایب قابلیت هضم در جدول ۲ آمده است. پس از عمل‌آوری، ضرایب قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، ماده آلی قابل هضم در ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم به میزان معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵).

تجزیه‌پذیری (*in sacco*)

تجزیه‌پذیری ماده خشک: نتایج مربوط به مشخصه‌های تجزیه‌پذیری به روش *in situ* و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک نمونه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). عمل‌آوری تفاله چغندرقند موجب شد تا بخش محلول در آب (a) و بخش دارای سرعت تجزیه آهسته (b) به طور معنی‌داری افزایش یابد (P<۰/۰۵).

تجزیه‌پذیری پروتئین: مقادیر مربوط به مشخصه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین در جدول ۴ نشان داده شده است. ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵).

منحنی‌های مربوط به تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در تفاله چغندرقند قبل و پس از عمل‌آوری در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول۲- ضرایب قابلیت هضم (درصد ماده خشک) و انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) قبل و پس از عمل‌آوری

	قبل از عمل‌آوری	پس از عمل‌آوری	اختلاف معنی‌دار
قابلیت هضم ماده خشک	۶۵/۸±۱/۷۵ [۱]	۸۲/۴±۲/۹۸	*
قابلیت هضم ماده آلی	۷۰/۹±۱/۶۰	۸۹/۶±۱/۷۷	*
ماده آلی قابل هضم در ماده خشک	۶۶/۹±۱/۲۸	۸۳/۹±۲/۵۴	*
انرژی قابل متابولیسم	۲/۵±۰/۴۶	۳/۱±۰/۷۳	*

۱. انحراف معیار±میانگین *: دارای اختلاف آماری در سطح ۵ درصد

میزان انرژی قابل متابولیسم با استفاده از رابطه ME(MJ/kgDM)=DOMD(g/kgDM)×0.0157 محاسبه و به صورت مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک بیان گردید.

جدول ۳- تجزیه‌پذیری ماده خشک تفاله چغندرقند قبل و پس از عمل‌آوری

	قبل از عمل‌آوری	پس از عمل‌آوری	اختلاف معنی‌دار
مشخصه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک			
a[۱]	۱۴/۹±۰/۵۰ [۴]	۳۰/۹±۰/۶۴	*
b[۲]	۶۰/۱±۰/۷۱	۶۲/۱±۰/۸۸	*
c[۳]	۰/۱۵۵±۰/۰۳	۰/۱۹±۰/۰۲۸	ns
ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک			
k=٪۲[۵]	۶۷/۹±۱/۲۰	۷۵/۲±۰/۹۰	*
k=٪۵[۶]	۵۹/۷±۰/۱۲	۶۲/۴±۰/۵۵	*
k=٪۸[۷]	۵۴/۱±۰/۲۹	۵۵/۰±۰/۳۶	*

۱. بخش محلول در آب درصد ماده خشک)

۲. بخش دارای سرعت تجزیه آهسته (درصد ماده خشک)

۳. نرخ تجزیه بخش b (در ساعت)

۴. انحراف معیار ± میانگین

۵. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در سطح نگهداری

۶. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در دو برابر سطح نگهداری

۷. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در سه برابر سطح نگهداری

*: دارای اختلاف آماری در سطح ۵ درصد

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

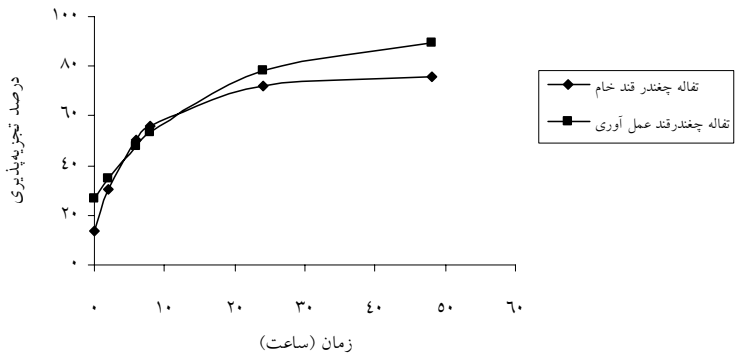
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- تجزیه‌پذیری پروتئین خام تفاله چغندرقند قبل و پس از عمل‌آوری

	قبل از عمل‌آوری	پس از عمل‌آوری	اختلاف معنی‌دار
مشخصه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام			
a[۱]	۱۲/۵±۰/۵۰ [۴]	۱۸/۳±۰/۴۵	*
b[۲]	۶۱/۴±۰/۳۶	۶۷/۲±۰/۲۵	*
c[۳]	۰/۰۹۸±۰/۰۰۸	۰/۳۱۵±۰/۰۴۴	*
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (UDP)			
k=٪۲[۵]	۳۶/۶±۰/۲۰	۳۰/۳±۰/۳۱	*
k=٪۵[۶]	۴۶/۹±۰/۴۴	۳۴/۸±۰/۸۰	*
k=٪۸[۷]	۵۷/۵±۰/۳۰	۳۸/۶±۰/۸۹	*
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP)			
k=٪۲	۶۳/۴±۰/۵۰	۶۹/۷±۰/۶۲	*
k=٪۵	۵۳/۱±۰/۳۲	۶۵/۲±۰/۴۳	*
k=٪۸	۴۲/۵±۰/۲۴	۶۱/۴±۰/۴۶	*
ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر نیتروژن (ED یا P)			
k=٪۲	۶۴/۱±۰/۴۰	۶۶/۴±۰/۶۹	*
k=٪۵	۵۴/۵±۰/۸۰	۵۸/۵±۰/۳۰	*
k=٪۸	۴۶/۳±۰/۶۰	۴۹/۹±۰/۹۰	*
پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه (ERDP) (g/kg DM)			
k=٪۲	۵۶/۱±۰/۳۷	۱۹۹/۲±۰/۸۳	*
k=٪۵	۴۶/۶±۰/۴۱	۱۸۴/۷±۰/۵۷	*
k=٪۸	۴۰/۳±۰/۳۴	۱۷۴/۶±۰/۹۱	*
UDP قابل هضم در روده (DUP)			
k=٪۲	۲۸/۷±۰/۳۱	۲۳/۲±۰/۲۶	*
k=٪۵	۳۷/۹±۰/۴۲	۲۷/۳±۰/۳۲	*
k=٪۸	۴۳/۹±۰/۳۷	۳۰/۷±۰/۲۷	*
پروتئین قابل متابولیسم (MP) (g/kg DM)			
k=٪۲	۶۴/۶±۰/۵۶	۱۵۰/۷±۰/۴۹	*
k=٪۵	۶۷/۷±۰/۴۳	۱۴۵/۵±۰/۶۴	*
k=٪۸	۶۹/۶±۰/۶۸	۱۴۲/۴±۰/۷۲	*

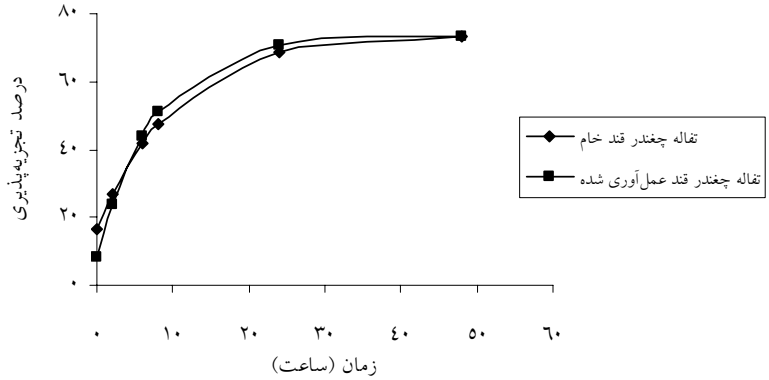
۱. بخش محلول در آب (درصد پروتئین خام)
۲. بخش دارای سرعت تجزیه آهسته (درصد پروتئین خام)
۳. نرخ تجزیه بخش b (در ساعت)
۴. انحراف معیار±میانگین
۵. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در سطح نگهداری
۶. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در دو برابر سطح نگهداری
۷. نرخ عبور مواد خوراکی از شکمبه به روده در سه برابر سطح نگهداری
*: دارای اختلاف آماری در سطح ۵ درصد



شکل ۱- تجزیه‌پذیری ماده خشک تفاله چغندرقند، قبل و پس از عمل‌آوری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تجزیه‌پذیری پروتئین تفاله چغندرقند، قبل و پس از عمل‌آوری

بحث

تجزیه شیمیایی

همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، میزان ماده خشک تفاله چغندرقند پس از فراوری کاهش چشمگیری یافت. قارچ نوروسپورا سیتوفیلا در زمان رشد بر سطح سوبسترا، انواع آنزیم‌های خارج سلولی را ترشح می‌کند که سبب شکسته شدن پیوندهای هیدروکربنی می‌گردد (Shojaosadati et al., 1999). ساختمان تفاله چغندرقند به گونه‌ای است که در موقع تخمیر به وسیله میکروارگانیسم‌ها مقدار زیادی کربن را برای مصرف آنها فراهم می‌کند (Ward, 1989; Lena & Quaglia, 1992; Banerjee et al., 1995). با شکسته شدن پیوندهای فوق و تولید انرژی، قارچ‌ها رشد نموده و توده سلولی قارچ رشد یافته (افزایش پروتئین) و گاز دی‌اکسید کربن متصاعد می‌گردد. به این ترتیب، اتم‌های کربن حاصل از شکستن این پیوندها به صورت CO_2 از محیط آزمایش خارج شده و این پدیده سبب می‌گردد که در حدود ۱۲ درصد از وزن ماده خشک اولیه در تفاله چغندرقند کاسته شود. فرآیند کاهش وزن، تعادل مواد مغذی را در فراورده تولیدی بر هم زده و سبب افزایش درصد آنها در فراورده به‌دست آمده می‌گردد (مشابه تأثیر خروج روغن از دانه‌های روغنی و افزایش درصد پروتئین در کنجاله حاصله). پدیده کاهش وزن در طی فرآیند تخمیر با قارچ‌ها مورد تأیید پژوهشگران مختلف قرار گرفته است ولی مقدار آن به نوع قارچ و نیز نوع سوبسترا (نوع پیوندهای شیمیایی موجود در آن) بستگی دارد. طی پژوهشی Lena & Quaglia (1992) گزارش کردند که در هنگام غنی‌سازی تفاله چغندرقند با استفاده از قارچ پلوروتوس فلوریدا (*Pleurotus florida*)، همزمان با رشد قارچ و تولید پروتئین، وزن ماده خشک در فراورده تولیدی نیز کاهش یافته، ولی به مقدار آن اشاره نکرده‌اند (Lena & Quaglia, 1992). در اثر عمل‌آوری تفاله چغندرقند با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا، درصد ماده آلی کاهش یافت ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P>0/05$).

غلظت پروتئین خام در حین عمل‌آوری تفاله چغندرقند افزایش یافت. افزایش توده سلولی قارچ‌ها در حین فرآیند تخمیر (و نیز پدیده کاهش وزن) سبب می‌شود که مقدار پروتئین خام در محصول نهایی افزایش یابد، زیرا این قارچ‌ها با استفاده از آنزیم‌های خارج سلولی، ترکیبات لیگنوسلولزی را مورد متابولیسم قرار داده و پروتئین تولید می‌کنند (Shojaosadati et al., 1999). میکروارگانیسم‌های تولیدکننده پروتئین میکروبی، کربوهیدرات‌های ساختمانی موجود در تفاله را به عنوان منبع انرژی استفاده کرده و با استفاده از منابع نیتروژنی موجود یا اضافه شده در حین فراوری آن را در توده سلولی خود به پروتئین تبدیل می‌کنند، یعنی تفاله چغندرقند با استفاده از روش تبدیل زیستی غنی می‌شود (Gibriel et al., 1981; Nigam, 1994). از طرف دیگر، در توده سلولی قارچ نوروسپورا سیتوفیلا در حدود ۴۵٪ پروتئین خام وجود دارد (Moo-Young et al., 1993). افزایش پروتئین خام پس از فراوری تفاله چغندرقند با قارچ، با نتایج سایر پژوهشگران با استفاده از کشت قارچ‌های مختلف مطابقت داشت (Xue et al., 1992; Lena & Quaglia, 1992; Illanes et al., 1992). طی برخی پژوهش‌ها، Durand & Chereau (1988) با

Archive of SID

www.SID.ir

کشت قارچ تریکودرما آلبوم (*Trichoderma album*)، Illanes et al. (1992) با کشت قارچ تریکودرما آئروویریده (*Trichoderma aureoviride*)، Xue et al. (1992) با کشت قارچ آسپرژیلوس تامارائی (*Aspergillus tamaraii*)، و Lena & Quaglia (1992) با کشت قارچ پلوروتوس فلوریدا (*Trichoderma reesei*) بر تفاله چغندرقند، موفق گردیده‌اند مقدار پروتئین خام را در محصول فراوری شده افزایش دهند. علاوه بر این، در پژوهش حاضر فراوری تفاله موجب کاهش کل ماده خشک گردید. لذا از این طریق نیز میزان پروتئین خام بر اساس درصد ماده خشک تا حدودی افزایش می‌یابد.

مقادیر NDF و ADF در تفاله چغندرقند فراوری شده کاهش یافت. از آنجا که ترکیبات هیدروکربنی ساختمانی و غیر ساختمانی به عنوان منبع انرژی توسط قارچ‌ها استفاده می‌شوند، لذا در اثر شکستن و مصرف این مواد، میزان NDF و ADF در فراورده تولیدی کاهش می‌یابد (Shojaosadati et al., 1998). کاهش بیشتر NDF در مقایسه با ADF شاید به دلیل وجود همی‌سلولز در ترکیب NDF باشد، زیرا همی‌سلولز در مقایسه با سلولز با سهولت بیشتری توسط قارچ نوروسپورا سیتوفیلا استفاده می‌شود (Shojaosadati et al., 1999; Scerra et al., 2000). کاهش مقدار الیاف خام و ترکیب دیواره سلولی در طی فرآیند تخمیر توسط قارچ‌ها مورد تأیید دیگر پژوهشگران نیز قرار گرفته است (Orskov, 1992; Peyghami, 1997; Shojaosadati et al., 1999). در بررسی‌های انجام شده توسط Durand & Chereau (1988) با استفاده از قارچ تریکودرما آلبوم، و Illanes et al. (1992) با استفاده از قارچ تریکودرما ریزئی نیز مقادیر ADF، NDF و سلولز کاهش یافته است.

ضرایب قابلیت هضم

پس از عمل‌آوری تفاله چغندرقند با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا، درصد قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم افزایش یافت که به دلیل کاهش مقادیر NDF و ADF و افزایش مواد محلول، از جمله پروتئین خام، است. طبق نظر اکثر پژوهشگران، اصولاً بین مقادیر NDF و ADF با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد. به عبارت دیگر، هر چقدر مقادیر این ترکیبات در یک ماده خوراکی کاهش یابد، قابلیت هضم آن ماده خوراکی افزایش خواهد یافت (Durand & Chereau, 1988; Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989; Nazem et al., 2008). به طور کلی، خوراک تخمیر شده قابلیت هضم بهتری دارد که دلیل آن وجود میکروارگانیسم‌های مختلف و آنزیم‌های آنها در این نوع خوراک‌هاست (McDonald et al., 1995). در بحث فراوری مواد خوراکی با میکروارگانیسم‌ها موضوعی که معمولاً مطرح می‌گردد، سمی بودن این موجودات یا فراورده‌های آنهاست (Moo-Young et al., 1993). نتایج آزمایش ضرایب هضمی نشان داد که نه تنها قارچ نوروسپورا سیتوفیلا هیچ گونه اثر سمیت‌زایی بر روی میکروارگانیسم‌های شکمبه نداشته، بلکه موجب افزایش قابلیت هضم نیز شده است. افزایش قابلیت هضم تفاله چغندرقند پس از عمل‌آوری، با نتایج Nazem et al. (2008)، بر روی تفاله مرکبات هماهنگی داشت.

تجزیه‌پذیری (*in sacco*)

تجزیه‌پذیری ماده خشک

پس از عمل‌آوری تفاله چغندرقند با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا، درصد مواد سریعاً تجزیه‌پذیر (a) افزایش یافت. علت افزایش بخش a این است که تفاله چغندرقند حاوی مقدار زیادی الیاف خام و ترکیبات غیر محلول است که در حین فرآیند عمل‌آوری با قارچ، این ترکیبات تحت تأثیر سیستم آنزیمی قارچ‌ها تجزیه شده و به مواد قابل حل تبدیل می‌گردند و لذا این بخش پس از عمل‌آوری افزایش می‌یابد. با افزایش میـزان مواد محلول در آب، انرژی بیشتری برای میکروارگانیسم‌های شکمبه فراهم شده و در نتیجه رشد و فعالیت این میکروارگانیسم‌ها بیشتر شده و موجب افزایش تجزیه مواد خوراکی موجود در شکمبه می‌گردد (Orskov, 1992; McDonald et al., 1995). همچنین، در فرآیند فوق درصد مواد نامحلول بالقوه قابل تجزیه (b) نیز افزایش یافت. عمده ترکیبات ساختمانی موجود در تفاله چغندرقند از نوع سلولز و همی‌سلولزی است. در موقع عمل‌آوری با قارچ، سیستم آنزیمی قارچ سبب شکستن پیوندهای شیمیایی در مواد هیدروکربنی ساختمانی در تفاله چغندرقند می‌گردد. لذا، از یک طرف

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار الیاف خام در تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده کاهش می‌یابد، اما از طرف دیگر، وجود دیواره سلولی قارچ‌های *نوروسپورا سیتوفیلا* (که رفتاری مشابه الیاف خام دارند) احتمالاً سبب می‌شود که در موقع تخمیر این خوراک در شکمبه، مقدار b تا حدودی افزایش یابد (Orskov, 1992). سرعت تجزیه‌پذیری (c) بین تفاله خام و تفاله عمل‌آوری شده اختلاف معنی‌داری نداشت.

نرخ عبور مواد از شکمبه (k) تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است، به طوری که با افزایش سطح مصرف خوراک در دام، این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش مقدار k سبب می‌شود که مدت زمان دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد خوراکی نیز کاهش یافته و در نتیجه میزان تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در مواد خوراکی کاهش یابد (Orskov, 1992). همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، با افزایش مقدار k از ۲٪ به ۸٪ بر ساعت، درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کاهش یافته است. درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده در تمام سطوح k (۲٪ ، ۵٪ و ۸٪ بر ساعت) بیشتر از تفاله چغندرقند خام بود. در واقع، وجود مقدار کمتر دیواره سلولی در تفاله چغندرقند فراوری شده و از سوی دیگر، افـزایش مـواد محلـول در آب پس از عمـل‌آوری باعث شده که میکروارگانیسم‌های شکمبه دسترسی بیشتری به منابع انرژی داشته باشند و مواد غذایی را با راندمان بیشتری تجزیه کنند. لذا، درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک بعد از عمل‌آوری تفاله افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، ترکیبات هیدروکربنی ساختمانی و غیر محلول موجود در تفاله چغندرقند خام در حین فرآیند تخمیر به وسیله قارچ‌ها مورد استفاده قرار گرفته و لذا مقدار این ترکیبات پس از فرآیند تخمیر در فراورده تولید شده کاهش و به تبع آن درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در آن افزایش یافته است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با مقادیر گزارش شده توسط Nazem et al. (2008) برای تفاله مرکبات هماهنگی داشت.

تجزیه‌پذیری پروتئین

ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه و میزان MP در تمام سطوح k در تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده بیشتر از تفاله خام بود. علت این امر، احتمالاً وجود درصد پایین‌تر NDF و ADF در تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده است، زیرا همبستگی مثبتی بین هضم دیواره سلولی و هضم نیتروژن در بسیاری از منابع خوراکی که در آنها ترکیبات ازت‌دار به وسیله ساختمان دیواره سلولی الیافی احاطه شده، وجود دارد (Koller et al., 1978; Lindberg, 1981). به عبارت دیگر، وجود NDF و ADF بیشتر در ساختمان تفاله چغندرقند خام، مانع از تجزیه‌پذیری پروتئین می‌شود. همچنین، میزان ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه در هر نمونه خوراک با افزایش سطح تغذیه کاهش می‌یابد. یعنی، افزایش سطح تغذیه در حیوان سبب می‌شود که میزان k افزایش یافته و لذا مواد خوراکی داخل شکمبه فرصت کمتری برای تجزیه شدن داشته باشند. مقدار ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه بستگی به درصد پروتئین خام و درصد تجزیه‌پذیری پروتئین دارد (Orskov, 1992). از آنجا که درصد پروتئین خام و نیز درصد تجزیه‌پذیری پروتئین در تفاله چغندرقند عمل‌آوری شده بالاتر بود، لذا مقدار ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه پس از عمل‌آوری به طور معنی‌داری بیشتر گردید. همچنین، وقتی سرعت عبور مواد از شکمبه (k) افزایش می‌یابد، در این حالت چون مواد خوراکی درون شکمبه فرصت کافی برای تجزیه شدن ندارند، لذا درصد تجزیه‌پذیری و مقدار ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه نیز در آن نمونه خوراک کاهش می‌یابد. به طور کلی، مقدار ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه در هر نمونه خوراک با کاهش درصد پروتئین خام، کاهش درصد تجزیه‌پذیری پروتئین و نیز افزایش سطح تغذیه، کمتر خواهد شد (Orskov, 1992). نتایج به دست آمده در این پژوهش با مقادیر گزارش شده توسط Nazem et al. (2008) برای تفاله مرکبات هماهنگی داشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع، عمل‌آوری تفاله چغندرقند به‌وسیله قارچ نوروسپورا سیتوفیلا باعث بهبود غلظت پروتئین خام، افزایش ضرایب قابلیت هضم و بهبود تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین گردید. در نتیجه پیشنهاد می‌شود اثر این تفاله عمل‌آوری شده بر عملکرد دام به صورت *in vivo* بررسی شود.

Archive of SID

www.SID.ir

REFERENCES

1. AFRC. (1992). Nutritive requirement of ruminant animals:protein. Report, No. 9. *Nutrition Reviews*, 62, 788-735.
2. AFRC. (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. UK: CAB International, Wallingford, pp. 9–18.
3. Alderman, G. & Cottrill, B. R. (1995). *Energy and protein requirements of ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. UK: CAB International, Wallingford, Oxon.
4. AOAC. (1990). *Official methods of analysis* (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. USA, Washington, DC.
5. Banerjee, U. C., Chisti, Y. & Moo-young, M. (1995). Effects of substrate particle size and alkaline pretreatment on protein enrichment by Neurospora sitophila. *Resources Conservation and Recycling*, 13, 139-146.
6. Beauchemin, K. A. & Buchanan-Smith, J. G. (1989). Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72, 2288-2300.
7. Depeters, E. J., Fadel, J. G. & Arosemena, A. (1997). Digestion kinetics of neural detergent fiber and chemical composition within some selected by-products. *Animal Feed Science and Technology*, 67, 127-140.
8. Durand, A. & Chereau, D. (1988). A new pilot reactor for solid state fermentation: Application to the protein enrichment of sugar beet pulp. *Biotechnology and Bioengineering*, 13, 467-486.
9. Gibriel, A. Y., Mahmoud, R. M., Goma, M. & Abou-Zeid, M. (1981). Production of single cell protein from cereal by-products. *Agricultural Wastes*, 3, 229-240.
10. Griffiths, B. & Done, S. H. (1991). Citrinin as a possible cause of the pruritis, pyrexia, haemorrhagic syndrome in cattle. *The Veterinary Record*, 129, 113-117.
11. Illanes, A., Aroca, G., Gabello, L. & Acevedo, F. (1992). Solid substrate fermentation of leached beet pulp with trichoderma aureoviride. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, 8, 488-493.
12. Koller, B. L., Hintz, H. F., Robertson, J. B. & Van Soest, P. J. (1978). Comparative cell wall and dry matter digestion in the cecum of the pony and the rumen of the cow using in vitro and nylon bag techniques. *Journal of Animal Science*, 47(1),173-177.
13. Lena, G. & Quaglia, G. B. (1992). Sacharification and protein enrichment of sugar beet pulp by Pleurotus florida. *Biotechnology Technology*, 6, 571-574.
14. Lindberg, J. E. (1981). The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Sweden Journal Agriculture Research*, 11, 159-163.
15. Lonsane, B. K., Ghildyal, N. P., Budiatman, S. & Ramakrishna, S. V. (1985). Engineering aspects of solid state fermentation. *Enzyme Microbiology Techhnology*, 7, 258-265.
16. Madadi-nuei, A. (1997). Enrichment of beet pulp by solid state fermentation methode. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Farsi).
17. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (1995). *Animal nutrition* (6th ed.). USA: Longman Scientific and Technical.
18. McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep saliva. *Biochemical Journal*, 43, 99-109.
19. Moazami, N. & Shojaosadati, S. A. (1990). Introduction to Biotechnology (1st Ed.). Iran: Tarbiat Modares University Press, Tehran. (In Farsi).
20. Moo-Young, M., Chisti, Y. & Vlach, D., (1993). Fermentation of cellulosic materials to mycoprotien foods. *Biotechnology Advances*, 11, 469-479.
21. Nazem, K., Rouzbehan, Y. & Shojaosadati, S. A. (2008). The nutritive value of citrus pulp (lemon and orange) treated with *Neurospora sitophila*. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12, 495-506. (In Farsi).
22. Nigam, P. (1994). Processing of sugar beet pulp in simultaneous sacharification and fermentation for the production of a protein enrichment product. *Process Biochemistry*, 29, 331-336.
23. Orskov, E. R. (1992). *Protein Nutrition in Ruminants* (1st Ed.). United States: Academic Press, INC, San Diego.
24. Peyghami, A. (1997). *Advanced mycology* (1st Ed.). Iran: Ahrar Press, Tabriz. (In Farsi).
25. Scerra, V., Caridi, A., Foti, F., Sinatra, M. C. & Caparra, P. (2000). Changes in chemical composition during the colonization of citrus pulps by a dairy Penicillium roquefortii strain. *Bioresource Technol*ogy, 72, 197-198.
26. Shojaosadati, S. A., Chisti Y. & Moo-young, M. (1998). Solid state fermentation of untreated leached beet pulp with *Neurospora sitophila*. *Scientica Iranica*, 5, 133-136.

Archive of SID

www.SID.ir

27. Shojaosadati, S. A., Faraidouni, R., Madadi-nouei, A. & Mohammadpour, I. (1999). Protein enrichment of lignocellulosic substrates by SSF using *Neurospora sitophila*. *Recourses Conversion and Recycling*, 27, 73-87.
28. Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics*: A Biometrical Approach (2nd ed.). USA: McGraw-Hill. New York.
29. Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18, 104-111.
30. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & 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.
31. Ward, O. P. (1989). *Fermentation Biotechnology*: Principles, Processes, and Products. United Kingdom: Open University press, Milton Keynes.
32. Xue, M., Liu, D., Zhang, H., Qi, H. & Lei, Z. (1992). A new pilot process of solid state fermentation from sugar beet pulp for the production of microbial protein. *Journal of Fermentation Bioengineering*, 73, 203-205.

Archive of SID

www.SID.ir