مجله علوم دامي ايران
دوره ۴۰، شماره ۲، ۱۳۸۸ (۸۵-۷۷)

اثر خشک کردن، سيلو کردن يا پلي اتيلن گليکول بر ارزش غذايي پسماندهاي پسته

عصمت باقري پور[۱]، يوسف روزبهان[۲]* و داريوش عليپور[۳]
۱، ۲، دانش‌آموخته‌ي کارشناسي ارشد و عضو هيأت علمي، دانشکده کشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس، تهران
۳، عضو هيأت علمي گروه علوم دامي، دانشکده کشاورزي، دانشگاه بوعلي سينا، همدان
(تاريخ دريافت: ۸۶/۷/۴- تاريخ تصويب: ۸۸/۸/۲۷)

چکيده

هدف از تحقيق حاضر، بررسي اثر خشك كردن، سيلو كردن و افزودن پلي‌اتيلن گليكول (**PEG**) بر غيرفعال‌سازي تانن‌ها در پسماندهاي پسته بود. تركيب شيميايي، كيفيت پروتئين و تركيبات فنوليك در تيمارهاي آزمايشي شامل پسماندهاي پسته به صورت تازه، آفتاب خشك و سيلو شده به مدت ۳۰ و ۶۰ روز مورد مطالعه قرار گرفت. به علاوه، ميزان قابليت هضم ماده‌ي خشک و ماده‌ي آلي و انرژي قابل متابوليسم با **PEG** و بدون **PEG**، برآورد گرديد. كيفيت پروتئين بر اساس سيستم **CNCPS** تعيين شد. پس از سيلو كردن مقادير كربوهيدرات‌هاي محلول در آب، ديواره‌ي سلولي، ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز، بخش‌هاي پروتئيني **B3** و **C** كاهش (**P<۰/۰۵**)، اما ميزان بخش‌هاي پروتئيني **A** و **B1** افزايش يافت (**P<۰/۰۵**). با خشك كردن پسماندهاي پسته مقادير ديواره‌ي سلولي، ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز، ليگنين، پروتئين نامحلول در شوينده‌ي خنثي، پروتئين نامحلول در شوينده‌ي اسيدي و بخش پروتئيني **C** افزايش، اما غلظت كربوهيدرات‌هاي محلول و بخش پروتئيني **B2** كاهش نشان داد (**P<۰/۰۵**). سيلو كردن باعث كاهش ميزان تانن متراكم، تانن قابل هيدروليز، ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي، ضرايب قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم گرديد (**P<۰/۰۵**). اضافه كردن **PEG** به نمونه‌هاي آزمايشي، در زمان آزمايش تعيين ضرايب هضمي، باعث افزايش ميزان قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم شد (**P<۰/۰۵**)، كه نشان‌دهنده اثر مثبت **PEG** است. بر اساس نتايج به دست آمده، پسماندهاي پسته به صورت خشک يا سيلو شده قابليت استفاده به عنوان خوراک دام را دارا مي‌باشد. از سوي ديگر، افزودن پلي‌اتيلن گليكول باعث بهبود ضرايب هضمي گرديد.

واژه‌هاي کليدي: پسماندهاي پسته، تركيبات فنولي، خشك كردن، قابليت هضم.

مقدمه

شرايط اقليمي و محدوديت منابع آب موجب شده تا هزينه‌ي تغذيه‌ي دام در بسياري از كشورها افزايش يابد. بهره‌گيري از پسماندهاي كشاورزي، يكي از روش‌هاي قابل قبول براي حل اين مشكل است. استفاده از پسماندهاي كشاورزي و صنعتي، به منظور رفع مشكلات تغذيه دام، امري ضروري است. به علاوه، كاربرد پسماندهاي كشاورزي به عنوان خوراک دام، موجب كاهش آلودگي محيط زيست خواهد شد (Huber, 1980). پسماندهاي پسته (شامل پوسته نرم خارجي، خوشه، برگ، مغز و پوسته استخواني) از جمله فرآورده‌هاي جنبي كشاورزي است كه به دليل توليد زياد، قيمت مناسب و وجود مواد مغذي از جمله پروتئين خام، چربي خام و كلسيم، به عنوان منبع بالقوه‌اي جهت تغذيه‌ي دام معرفي شده است (Foroughameri,

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

(1997). از جمله مواد مغذي موجود در پسماندهاي پسته، پروتئين خام ۹/۲ تا ۱۲/۳، الياف خام ۱۷/۵ تا ۱۹/۸، خاکستر ۱۰/۹ تا ۱۲/۲، چربي خام ٦ تا ٦/٦، کربوهيدرات‌هاي غير الیافي ۵۲ تا ٥٤/٥، ديواره‌ي سلولي ۳۵/۸ و ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز ۲۱/٦ تا ۲۷/٦ درصد ماده‌ي خشك گزارش شده است (Foroughameri, 1997; Fazaeli, 2005). به هر حال، محدوديت‌هايي در استفاده از اين پسماندها به عنوان خوراک دام وجود دارد. از جمله‌ي اين محدوديت‌ها، دارا بودن ترکيبات ضدتغذيه‌اي از قبيل ترکيبات فنولي و به خصوص تانن‌ها مي‌باشند که اثرات مضر آنها بر روي سلامت دام و همچنين کاهش قابليت دسترسي مواد مغذي (مانند پروتئين) براي دام ثابت شده است. روش‌هاي متفاوتي، مانند سيلو کردن، خشک کردن و افزودن مواد شيميايي خاص مانند پلي اتيلن گليکول (Polyethylene glycol-PEG)، براي کاهش اثرات ضدتغذيه‌اي تانن‌ها گزارش گرديده است (Makkar, 2003).

در مورد استفاده از اين فرآوري‌ها بر روي پسماندهاي پسته به منظور کاهش اثرات ضدتغذيه‌اي تانن‌ها، تحقيقات چنداني صورت نگرفته است. بنابراين، تحقيق حاضر به منظور ارزيابي روش‌هاي سيلوکردن، خشک کردن و همچنين افزودن پلي اتيلن گليکول (پلي‌اتيلن گليکول دقيقاً در زمان آغاز آزمايش تعيين ضرايب هضمي به روش آزمايشگاهي به به پسماندهاي پسته اضافه شد) براي کاهش دادن اثرات ضدتغذيه‌اي تانن‌هاي موجود در آن، اجرا گرديد.

مواد و روش‌ها

پسماندهاي پسته به صورت تازه در فصل برداشت (شهريور و مهرماه) از باغ‌هاي پسته‌ي شهرستان رفسنجان تهيه شد. پسماندهاي پسته در قالب چهار تيمار (شامل پوسته پسته تازه، آفتاب خشک، سيلو شده به مدت يک ماه، سيلوشده به مدت دو ماه)، و همچنين، اثرات افزودن پلي‌اتيلن‌گليکول در زمان هضم آزمايشگاهي نمونه‌ها بر ضرايب هضمي مورد آزمايش قرار گرفتند. پلي‌اتيلن گليکول دقيقاً در زمان آغاز آزمايش تعيين ضرايب هضمي به روش آزمايشگاهي حين توزين نمونه‌ها به پسماندهاي پسته اضافه شد. وزن ملکولي پلي‌اتيلن گليکول برابر ٦۰۰۰ بود (Merck Schuchardt, Hohenbrunn, Germany). ميزان پلي‌اتيلن گليکول افزوده شده، بر اساس مقدار توصيه شده در منابع علمي و دقيقاً دو برابر وزن نمونه‌ي مورد آزمايش بود. نمونه‌ي آفتاب‌خشک، در هواي آزاد در معرض نور خورشيد تهيه گرديد. نمونه‌هاي سيلو شده بدون مواد افزودني در ظرف‌هاي پلاستيکي با حجم ٤ ليتر تهيه و درزگيري گرديد و در محلي سرپوشيده قرار داده شدند. پس ازسپري شدن ۱ و ۲ ماه از سيلوسازي تيمارهاي مربوطه، سيلوها باز شده و نمونه‌هاي به دست آمده از هر سيلو پس از آماده‌سازي و تيمار مقدماتي، در دماي۲۰- درجه سانتيگراد نگهداري شدند تا در زمان مناسب مورد آزمايش قرار گيرند. بخشي از نمونه‌ها، به منظور اندازه‌گيري کربوهيدرات‌هاي محلول، ليوفيليزه (Lyophilized) شد.

ترکيب شيميايي

ميزان ماده‌ي خشک، خاکسترخام، پروتئين‌خام و چربي‌خام با استفاده از روش‌هاي استاندارد اندازه‌گيري شد (AOAC, 1990). ماده‌ي آلي نمونه‌ها از اختلاف ماده‌ي خشک با خاکسترخام محاسبه گرديد. ديواره‌ي سلولي (NDF) با استفاده از محلول شوينده‌ي خنثي، ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز (ADF) با استفاده از محلول شوينده‌ي اسيدي و ليگنين مطابق با روش Van Soest et al. (۱۹۹۱) اندازه‌گيري گرديدند. براي تعيين کربوهيدرات‌هاي محلول از نمونه‌هاي ليوفيليزه استفاده گرديد. کربوهيدرات‌هاي محلول، توسط آب از بافت گياهي استخراج شد (Thomas, 1977). وقتي کربوهيدرات‌ها در مجاورت انترون در اسيد سولفوريک حرارت داده شوند، کمپلکسي به رنگ آبي- سبز ايجاد مي‌شود. غلظت کربوهيدرات‌هاي محلول با استفاده از روش اسپکتروفتومتري تعيين شد (Deriaz, 1961).

تعيين قابليت هضم با روش آزمايشگاهي

آزمايش مذکور بر اساس روش تيلي و تري (Tilley and Terry, 1963) و با استفاده از محلول بزاق مصنوعي مك‌دوگال انجام پذيرفت. براي تهيه‌ي شيرابه‌ي شکمبه، از سه رأس گوسفند نر اخته، مجهز به فيستوله‌ي شکمبه، هم سن، با وزن تقريباً برابر استفاده گرديد. ٤٨ ساعت انکوباسيون بي‌هوازي با استفاده از شيرابه‌ي شکمبه و بزاق مصنوعي و پس از آن مرحله‌ي دوم انکوباسيون با استفاده از محلول پپسين اسيدي به مدت ٤٨ ساعت صورت گرفت. در نهايت ضرايب هضمي و انرژي قابل متابوليسم

محاسبه شد.

ترکيبات فنولي

اندازه‌گيري کل ترکيبات فنولي نمونه‌هاي مورد نظر با استفاده از روش Makkar & Singh (1993) صورت پذيرفت. در اندازه‌گيري کل ترکيبات فنولي از معرف فولين- سيوکالتو (Folin Ciocalteau) استفاده شد که نتايج به صورت معادل اسيد تانيک (Tannic acid) (به عنوان استاندارد) بيان گرديد. براي اندازه‌گيري ترکيبات فنولي غير تانني از پلي وينيل پيروليدون (PVPP) استفاده شد. اين ماده خاصيت پيوند شدن با تانن را دارد (Makkar, 2000). ميزان کل تانن از اختلاف مقدار به دست آمده براي کل ترکيبات فنولي از مقدار به دست آمده براي کل ترکيبات فنولي غير تانني به دست آمد، که تانن متراکم و قابل هيدروليز بخشي از آن مي‌باشند (Makkar, 2000). محاسبه‌ي ميزان تانن متراکم از طريق روش Makkar (2000) صورت پذيرفت و تعيين ميزان تانن قابل هيدروليز با استفاده از معرف رودانين (Rhodanine) و از روش Makkar (2000) به دست آمد، که به دو صورت اسيد گاليک آزاد (Free gallic acid) و گالوتانين (Gallotannins) مي‌باشد. همچنين اندازه‌گيري ظرفيت رسوب پروتئين ترکيبات فنوليک از طريق روش Makkar (2000) صورت گرفت.

کيفيت پروتئين بر اساس سيستم **CNCPS**

بر اساس سيستم CNCPS، پروتئين به سه بخش کلي A، B و C تقسيم مي‌شود (Sniffen et al., 1992). بخش A، نيتروژن غير پروتئيني (NPN) است که به سرعت و به طور کامل در شکمبه تجزيه مي‌شود. بخش B، پروتئين حقيقي است که بر اساس سرعت تجزيه در شکمبه خود به سه بخش B_1، B_2 و B_3 تقسيم مي‌گردد. بخش B_1، پروتئين حقيقي محلول بوده که داراي سرعت تجزيه‌ي بالايي است و تقريباً به طور کامل در شکمبه تجزيه مي‌شود. بخش B_2، پروتئين حقيقي با سرعت تجزيه‌ي متوسط در شکمبه است و بخش B_3، پروتئين با سرعت تجزيه‌ي پائين است که از طريق کسر کردن مقدار پروتئين نامحلول در شوينده‌ي اسيدي از مقدار پروتئين نامحلول در شوينده‌ي خنثي به دست مي‌آيد. بخش C، پروتئين نامحلول در شوينده‌ي اسيدي است و به دليل اتصال به الياف نامحلول در شوينده‌ي اسيدي (ADIN) براي دام غير قابل دسترس و غيرقابل استفاده مي‌باشد.

ابتدا به منظور تعيين پروتئين حقيقي نمونه‌ها از تانگستيک اسيد به عنوان عامل رسوب دهنده استفاده گرديد (Greenberg & Shipe, 1979) و غلظت پروتئين رسوب يافته که همان پروتئين حقيقي است تعيين شد. ميزان بخش A (نيتروژن غيرپروتئيني) از اختلاف بين کل نيتروژن به صورت پروتئين خام و مقدار نيتروژني که به صورت پروتئين حقيقي رسوب کرده محاسبه شد. غلظت کل پروتئين نامحلول با استفاده از روش بافر بورات ـ فسفات Krishnamoorthy et al. (1982) اندازه‌گيري شد. پروتئين محلول، که شامل بخش‌هاي A و B_1 است، با کسر کردن مقدار پروتئين نامحلول از کل پروتئين خام محاسبه گرديد و پروتئين حقيقي محلول (بخش B_1) با کم کردن بخش نيتروژن غير پروتئيني از کل پروتئين محلول به دست آمد Licitra et al. (1996) ميزان نيتروژن نامحلول در شوينده‌ي خنثي (NDIN) با استفاده از محلول شوينده‌ي خنثي تعيين گرديد (Van Soest et al., 1991). لازم به ذکر است که بر اساس روش Van Soest et al. (1991) سولفيت سديم حذف گرديد و تيمار با اوره- آميلاز انجام نگرفت. فيلتراسيون با کاغذ صافي واتمن ٥٤ صورت پذيرفت. در نهايت نيتروژن باقيمانده توسط دستگاه کلدال تعيين شد. بخش C که ميزان نيتروژن نامحلول در شوينده‌ي اسيدي است، نيز تعيين گرديد. در پايان، ميزان پروتئين بخش B_3 از اختلاف بين مقادير نيتروژن نامحلول در شوينده‌ي خنثي و نيتروژن نامحلول در شوينده‌ي اسيدي به دست آمد (Licitra et al., 1996).

تجزيه و تحليل داده‌ها

تجزيه‌ي آماري نتايج حاصل از آزمايش‌هاي انجام شده، در دو بخش جداگانه صورت گرفت. در بخش اول، داده‌هاي حاصل از تمامي آزمايش‌ها، به غير ازضرايب قابليت هضم، با استفاده از طرح کاملاً تصادفي با ۴ تيمار (تازه، آفتاب خشك، سيلاژ ۱ ماهه و سيلاژ ۲ ماهه) و ۳ تکرار بر پايه‌ي مدل آماري زير مورد بررسي قرار گرفتند.

$$Yij = \mu + Ti + eij$$

که Yij مقدار هر مشاهده، μ ميانگين، Ti اثر تيمار و eij خطاي باقيمانده است.

در بخش دوم، داده‌هاي حاصل از تجزيه‌ي آزمايشگاهي نمونه‌ها در قالب آزمايش فاکتوريل ٤×٢ و با طرح پايه‌ي کاملاً تصادفي با وجود PEG و بدون وجود PEG انجام شد.

تجزيه واريانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماري SAS و رويه‌ي GLM بر پايه‌ي مدل آماري زير صورت پذيرفت (SAS, 1996).

$$Yijk = \mu + Ai + B_j + AB_{ij} + eij$$

كه Yij مقدار هر مشاهده، μ ميانگين، Ai اثر عامل اول، Bj اثر عامل دوم، ABij اثر متقابل و eij خطاي باقيمانده است. مقايسه ميانگين‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌اي دانكن انجام شد (Steel & Torrie, 1982).

نتايج

تركيب شيميايي

نتيجه‌ي تجزيه‌ي شيميايي پسماندهاي پسته‌ي تازه، آفتاب خشک و سيلو شده (۱ و ۲ ماه) در جدول ۱ نشان داده شده است. پروتئين خام نمونه‌ي تازه، ۹۲/۳ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشک بود كه پس از سيلو كردن و خشک كردن به شيوه‌ي آفتاب خشک تغيير معني‌داري در آن ايجاد نشد. ميزان ديواره‌ي سلولي و ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز پس از سيلو كردن كاهش نشان داده كه اين كاهش در سيلاژ ۲ ماهه معني‌دار (P<۰/۰۵) بود، اما در مورد سيلاژ ۱ ماهه معني‌دار نگرديد (P>۰/۰۵). از سوي ديگر، ميزان ديواره‌ي سلولي و ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز پس از خشک كردن افزايش معني‌داري نشان داد (P<۰/۰۵). به هر حال، غلظت ليگنين در نمونه‌ي تازه، ۵٦/۳ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشک بود كه عمل سيلو كردن اثر معني‌داري بر غلظت آن نداشت (P>۰/۰۵)، اما عمل خشک كردن موجب افزايش معني‌داري در غلظت آن شد (P<۰/۰۵). ميزان خاكستر در پسماندهاي پسته‌ي تازه، ۱۱۱/۳ گرم در كيلوگرم در ماده‌ي خشک بود كه در اثر سيلو كردن افزايش معني‌داري يافت و به ۱۱۹/۵ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشک رسيد (P<۰/۰۵). غلظت كربوهيدرات‌هاي محلول در نمونه‌ي تازه ۳۰/٤ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك بود كه با سيلو كردن به صورت معني‌داري كاهش يافت (P<۰/۰۵). از سوي ديگر، ميزان كربوهيدرات‌هاي محلول پس از خشك كردن، نيز به طور معني‌داري كاهش يافت (P<۰/۰۵).

جدول۱- تركيبات شيميايي تيمارهاي آزمايشي (گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشک)

تركيب شيميايي	تيمارها				SEM
	تازه	آفتاب خشک	سيلوي ۱ ماهه	سيلوي ۲ ماهه	
ماده خشك (گرم در كيلوگرم)	۳۳۸^{b}	۹۳۲^{a}	۳۲۳^{b}	۳۱۵^{b}	۲/۸۲
چربي خام	۶/۵^{a}	٦/۲^{b}	٦^{b}	۵/۶^{c}	۰/٦۵
پروتئين خام	۹۲/۳^{a}	۹۱/٦^{a}	۹۲/۳^{a}	۹۲/٦^{a}	۱/۷۲
كربوهيدرات‌هاي محلول	۳۰/۴^{a}	۲۴^{b}	۱۹/۴^{c}	۱۸/۳^{c}	۰/۸٤
كربوهيدرات‌هاي غير اليافي	۴۷۹/۲^{b}	۴۳۷/۲^{c}	۴۶۳/۷^{b}	۵۰۹/۸^{a}	۱/۹۲
ديواره‌ي سلولي	۳۱۱ ^{b}	۳٤۹^{a}	۳۲۱ ^{b}	۲۷۲ ^{c}	۱/۲۱
ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز	۲۱۰ ^{b}	۲٤۵ ^{a}	۲۰۷ ^{b}	۱۸٤^{c}	۰/۹۸
ليگنين	۵٦/٦ ^{b}	۷٦/۹ ^{a}	۵۷/۵ ^{b}	۵۸/۳ ^{b}	۰/۳۴
خاكستر	۱۱۱ ^{c}	۱۱٦ ^{b}	۱۱۷ ^{b}	۱۲۰ ^{a}	۰/٦۵

SEM: انحراف استاندارد ميانگين‌ها، حروف متفاوت در هر رديف ، نشان دهندة وجود اختلاف معني‌دار در سطح ۰/۰۵ مي‌باشد.

تركيبات فنولي

بخش‌هاي مختلف تركيبات فنولي پسماندهاي پسته و ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي در جدول ۲ است. ميزان كل تركيبات فنولي (TP) در نمونه‌ي پسته‌ي تازه ۱۳۹ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك بود كه پس از سيلو كردن در مدت ۱ و ۲ ماه تغييرات معني‌داري در غلظت آن مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما در نمونه‌ي آفتاب‌خشك افزايش معني‌داري نشان داد (P<۰/۰۵). ميزان كل تانن (TT) نيز در اثر فرايند سيلو كردن و خشك كردن تغيير معني‌داري نداشت (P>۰/۰۵). ميزان تانن متراكم در تيمار آفتاب خشك افزايش معني‌دار و در تيمار سيلاژ ۲ ماهه كاهش معني‌داري نشان داد (P<۰/۰۵). ميزان تانن قابل هيدروليز در نمونه‌ي تازه ۸۳ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك بر اساس كل اسيد گاليك بود كه پس از سيلو كردن در مدت زمان‌هاي ۱ و ۲ ماه، به طور معني‌داري (P<۰/۰۵) كاهش نشان داد. بعد از خشك كردن

پسماندهاي پسته در آفتاب، ميزان تانن قابل هيدروليز به طور معني‌داري كاهش يافت (P<۰/۰۵). غلظت تانن متراكم (CT) در پسماندهاي تازه ۸/۸۱ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك بود كه در اثر سيلو كردن در مدت زمان ۲ ماه كاهش معني‌داري يافت (P<۰/۰۵). ميزان ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنوليك (Protein precipitable phenolics- PPP) ۵۳۹/۵ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك بود كه پس از سيلو كردن در زمان‌هاي ۱ و ۲ ماه كاهش معني‌داري يافت (P<۰/۰۵) و به ترتيب به ۳۵۰/۳ و ۲۱۷/۹ درصد رسيد. ميزان ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي در پسماندهاي پسته خشك شده تغيير معني‌داري نشان نمي‌دهد (P> ۰/۰۵).

ضرايب قابليت هضم

داده‌هاي مربوط به ضرايب قابليت هضم، با وجود PEG و بدون وجود PEG، در جدول ۳ داده شده است. تفاوت معني‌داري بين تيمارهاي مختلف از لحاظ ضرايب قابليت هضم مشاهده شد. بالاترين ميزان قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم، مربوط به پسماندهاي آفتاب خشك در حضور پلي‌اتيلن‌گليكول (PEG) و كمترين آن مربوط به پسماندهاي آفتاب خشك فاقد PEG بود. افزودن PEG به نمونه‌ها، درست در زمان شروع آزمايش تعيين ضرايب هضمي، موجب افزايش معني‌دار ضرايب هضمي در تمامي تيمارها گرديد (P<۰/۰۵). با توجه به داده‌هاي جدول ۳، مقادير ضرايب هضمي پس از سيلو كردن به مدت ۱ و ۲ ماه و همچنين پس از خشك كردن به صورت آفتاب خشك به طور معني‌داري كاهش يافت (P<۰/۰۵). از سوي ديگر، افزودن PEG موجب افزايش معني‌دار قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم در تمامي تيمارها شد كه بيشترين افزايش در پسماندهاي پسته آفتاب خشك مشاهده گرديد (P<۰/۰۵).

جدول ۲- غلظت بخشهاي مختلف تركيبات فنوليک (گرم در كيلوگرم مادة خشک) و ظرفيت رسوب پروتئين (گرم در كيلوگرم كل تركيبات فنوليک)

تيمارها	كل تركيبات فنولي	كل تانن	تانن متراكم	تانن قابل هيدروليز	ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنوليك
تازه	۱۳۹[b]	۹۷[a]	۸/۸۱[b]	۸۳[a]	۵۳۹/۵[b]
آفتاب خشك	۱۵۶[a]	۸۹[a]	۱۳/۶[a]	۷۲[b]	۵۵۱/۲[a]
سيلوي ۱ ماهه	۱۴۱[b]	۹۴[a]	۹/۳۴[b]	۶۵[c]	۳۵۰/۳[c]
سيلوي ۲ ماهه	۱۳۳[b]	۹۳[a]	۶/۲۹[c]	۵۷[d]	۲۱۷/۹[d]
SEM	۲/۳۲	۱/۲۱	۰/۶۱	۰/۹۲	۰/۷۶

حروف متفاوت در هر ستون، نشان دهندة وجود اختلاف معني دار در سطح ۰/۰۵ مي‌باشد؛ SEM: انحراف استاندارد ميانگين‌ها

جدول ۳- اثر تيمارها ي آزمايشي و PEG بر ضرايب قابليت هضم (گرم در كيلو گرم ماده خشک) و انرژي قابل متابوليسم (مگاژول بر كيلوگرم ماده خشک)

	تازه		آفتاب خشك		سيلوي ۱ ماهه		سيلوي ۲ ماهه		SEM	تيمار	PEG	تيمار× PEG
	-PEG	+PEG	-PEG	+PEG	-PEG	+PEG	-PEG	+PEG				
قابليت هضم ماده‌ي خشک	۵۳۶	۶۰۱	۵۲۱	۶۰۹	۵۱۸	۵۸۶	۵۱۲	۵۸۰	۲/۸۶	*	*	*
قابليت هضم مادة آلي	۵۱۲	۵۶۸	۴۹۳	۵۷۷	۴۸۹	۵۵۴	۴۸۴	۵۴۹	۲/۴۶	*	*	*
ماده آلي قابل هضم در ماده خشک	۴۵۵	۵۰۵	۴۳۶	۵۱۰	۴۳۲	۴۸۹	۴۲۶	۴۸۴	۲/۴۰	*	*	*
انرژي قابل متابوليسم	۷/۱۵	۷/۹۳	۶/۸۶	۸/۰	۶/۹۱	۷/۸۲	۶/۸۱	۷/۷۴	۰/۳۵	*	*	*

*: وجود اختلاف معني‌دار در سطح ۰/۰۵، NS: عدم وجود اختلاف معني‌دار در سطح ۰/۰۵، SEM: انحراف استاندارد ميانگين‌ها، PEG-؛ بدون PEG، PEG+؛ داراي PEG.

كيفيت پروتئين بر اساس سيستم **CNCPS**

بخش‌هاي مختلف پروتئين پسماندهاي پسته، بر اساس سيستم CNCPS، در جدول ۴ نشان داده شده است. غلظت بخش A (كل نيتروژن غيرپروتئيني) در پسماندهاي پسته ۴۵/۵ درصد از كل پروتئين خام بود كه پس از سيلو كردن در مدت به مدت ۱ و ۲ ماه، افزايش معني‌داري يافت و به ترتيب به ۴۹/۲ و ۴۹/۸ درصد رسيد (P<۰/۰۵). از سوي ديگر، غلظت بخش A بر اساس درصد پروتئين خام پس از خشك كردن تغيير معني‌داري نشان نداد (P>۰/۰۵). با سيلو كردن پسماندهاي پسته در هر دو

زمان ۱ و ۲ ماه، افزايش معني‌داري در غلظت بخش B_1 ايجاد شد ($P<0/05$). از سوي ديگر، غلظت بخش B_1 در پسماندهاي پسته خشك شده به صورت آفتاب خشك افزايش معني‌داري را نشان نداده است ($P>0/05$). سيلو كردن موجب كاهش معني‌دار غلظت بخش‌هاي B_3 و C (بر حسب درصد كل پروتئين خام) در پسماندهاي پسته گرديد ($P<0/05$). از سوي ديگر خشك كردن پسماندهاي پسته به صورت آفتاب خشك، موجب كاهش معني‌دار غلظت بخش B_2 (بر حسب درصد كل پروتئين خام) و افزايش معني‌دار بخش C (بر حسب درصد كل پروتئين خام) گرديد ($P<0/05$).

جدول ۴- بخش‌هاي مختلف پروتئين بر اساس سيستم CNCPS (گرم در كيلوگرم پروتئين خام)

	A	B_1	B_2	B_3	C
تازه	٤٥٥^{b}	١٩^{b}	١٥٢^{a}	٢٧٠^{a}	١٠٤^{b}
آفتاب خشک	٤٥٨^{b}	٢٠^{b}	١١٨^{b}	٢٨٤^{a}	١٢٠^{a}
سيلاژ ١ ماهه	٤٩٢^{a}	٤٥^{a}	١٤٦^{a}	٢٣٤^{b}	٨٣^{c}
سيلاژ ٢ ماهه	٤٩٧^{a}	٤٨^{a}	١٥١^{a}	٢٣٧^{b}	٦٧^{d}
SEM	١/٩٥	٠/٧٦	٢/٢٣	١/٠٢	٠/٥٤

حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهنده‌ي وجود اختلاف معني‌دار در سطح ٠/٠٥ مي‌باشد، SEM: انحراف استاندارد ميانگين‌ها، A: نيتروژن غير پروتئيني، B_1: پروتئين محلول با سرعت تجزيه‌ي بالا، B_2: پروتئين حقيقي با سرعت تجزيه‌ي متوسط، B_3: پروتئين حقيقي با سرعت تجزيه‌ي پائين، C: پروتئين متصل به ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز.

بحث

پس از سيلو كردن پسماندهاي پسته، غلظت پروتئين خام تغييري معني‌داري نيافت و با افزايش مدت زمان سيلو كردن، تنها افزايش اندكي نشان داد. با سيلو كردن پسماندهاي پسته، غلظت ديواره‌ي سلولي و ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز كاهش يافت كه علت آن را مي‌توان، هيدروليز اجزاي ديواره‌ي سلولي در طي عمل تخمير دانست (Yahaya et al., 2002). از سوي ديگر، علت افزايش ميزان ديواره‌ي سلولي و ديواره‌ي سلولي بدون همي‌سلولز پسماندهاي پسته پس از خشك شدن، اتلاف قابل توجهي در كربوهيدرات‌هاي محلول در نتيجه‌ي تنفس بوده كه اين اتلاف منجر به افزايش غلظت ساير بخش‌ها و به ويژه اجزاي ديواره‌ي سلولي گياه شده است (McDonald et al., 1991). افزايش اندك ميزان ليگنين پس از سيلو كردن به دليل از دست رفتن بخش‌هايي از قبيل كربوهيدرات‌هاي محلول، كربوهيدرات‌هاي غير اليافي و چربي است (McDonald et al., 1991). افزايش معني‌دار ليگنين پس از عمل خشك‌كردن پسماندها، مي‌تواند به علت تنفس و از دست رفتن CO_2 باشد (Van Soest, 1994). توسط Van Soest (١٩٩٤)، علت افزايش NDF و ليگنين پس از خشك كردن، اتلاف CO_2 بيان شده است.

سطح كربوهيدرات‌هاي محلول باقيمانده در پسماندهاي سيلو شده پسته در اين تحقيق پائين و pH آن ٤/٨ تا ٤/٩ بود، كه اين مسأله موجب كاهش انرژي سهل‌الوصول براي ميكروارگانيزم‌هاي شكمبه مي‌گردد، يعني سيلو كردن موجب كاهش سطح كربوهيدرات‌هاي محلول شده است. كربوهيدرات‌هاي محلول موجود در سيلاژ توسط ميكروارگانيسم‌ها، به ويژه باكتري‌هاي توليد كننده‌ي اسيد لاكتيک مورد استفاده قرار مي‌گيرند (McDonald et al., 2002). فرايند خشک كردن نيز ميزان كربوهيدرات‌هاي محلول موجود در پسماندهاي پسته را كاهش داد. تغييرات شيميايي طي روند خشک نمودن، منجر به اتلاف اجتناب ناپذير مواد مغذي با ارزشي مانند قندهاي محلول مي‌گردد (McDonald et al., 2002).

روش‌هاي متفاوت آماده‌سازي نمونه‌ها و استخراج تركيبات فنولي، گونه‌هاي مختلف گياه پسته و همچنين وجود شرايط اقليمي متفاوت، موجب شده تا ميزان تركيبات فنولي در دامنه‌اي از ١٥٠ تا ١۴٥ گرم در كيلوگرم ماده‌ي خشك گزارش گردد (Kornsteiner et al., 2006). ميزان تركيبات فنولي و تانن در گونه‌هاي مختلف گياهان، متفاوت است كه مي‌تواند به دليل مرحله‌ي رشد گياه، خصوصيات نمونه‌هاي آماده شده و همچنين تأثير خاك و عوامل اقليمي بر ذخيره و تجمع تركيبات فنولي و تانن‌ها در گياهان باشد (Haslam, 1998). اختلاف در ميزان تركيبات فنولي و تانن‌ها در برخي گونه‌هاي گياه آكاسيا نيز گزارش شده كه مي‌تواند به اختلاف در عوامل ژنوتيپي مربوط باشد كه ساخت و تجمع تركيبات فنولي را كنترل مي‌كنند (Wong, 1973).

با توجه به جدول ٢، علت افزايش ميزان كل تركيبات فنولي و تانن متراكم پسماندهاي پسته در تيمار آفتاب‌خشك نسبت به تيمار تازه، احتمالاً كاهش نسبي ساير تركيبات آلي بوده كه موجب شده ميزان كل تركيبات فنولي بيشتر گردد. ميزان تانن قابل هيدروليز پس از خشك كردن پسماندهاي پسته كاهش يافت كه بر

طبق گزارش Reed (1995)، خشك كردن گياهان حاوي تانن در دماي پايين‌تر از ۴۰ درجه سانتيگراد به دليل فعاليت آنزيمي گياهان منجر به اكسيداسيون تانن‌ها مي‌گردد و باعث كاهش ميزان تانن‌ها به خصوص تانن قابل هيدروليز مي‌شود (Reed, 1995). ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي در پسماندهاي خشك شده نسبت به ساير تيمارها افزايش يافت. گزارش شده كه در طي روند خشك كردن، سطوح پروتئين نامحلول در نتيجه‌ي پيوند بين تانن و پروتئين افزايش مي‌يابد (Terril et al., 1994).

علت كاهش ميزان تانن متراكم و تانن قابل هيدروليز طي مدت زمان سيلو كردن پسماندهاي پسته مي‌تواند به دليل پليمريزاسيون (Makkar & Singh, 1993) و يا اكسيداسيون تانن‌ها (خنثي شدن اثر منفي تانن) (Ben Salem et al., 2005) در سيلو باشد. ميزان ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي در پسماندهاي سيلو شده‌ي پسته (۱ و ۲ ماه) نسبت به پسماندهاي تازه كاهش يافت. بين ميزان تانن و ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي يك همبستگي مثبت وجود دارد (Balogun et al., 1998) و مي‌توان درصد بيشتر ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنولي در پسماندهاي خشك شده و درصد پايين آن در پسماندهاي سيلو شده را با ميزان تركيبات فنولي آنها مرتبط دانست. نتايج اين تحقيق با داده‌هاي به دست آمده از تحقيق بر روي سيلاژ تفاله‌ي انگور نيز مطابقت دارد (Alipour & Rouzbehan, 2007).

ضرايب قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم پس از سيلو كردن پسماندهاي پسته كاهش يافت كه دليل آن از دست رفتن تركيبات محلول به ويژه كربوهيدرات‌هاي محلول در آب در زمان سيلو كردن است (McDonald et al., 1991). افزودن PEG (وزن ملكولي ۶۰۰۰، Merck Schuchardt, Hohenbrunn, Germany) به ميزان دو برابر وزن نمونه در زمان آغاز آزمايش تعيين ضرايب هضمي، منجر به افزايش ضرايب قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم در تمامي تيمارها گرديد، به طوري كه بيشترين افزايش در تيمار آفتاب خشک مشاهده شد. روند متفاوت افزايش در بين تيمارها مي‌تواند به دليل اختلاف در فعاليت تانن‌ها (ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنوليک) در بين تيمارهاي مختلف باشد. بيشترين فعاليت تانن‌ها در تيمار آفتاب‌خشک بود (جدول۲)، كه پس از افزودن PEG، بيشترين افزايش در قابليت هضم را نيز نشان داد (جدول۳). فعاليت تانن‌ها (بر اساس ظرفيت رسوب پروتئين تركيبات فنوليک) در حضور PEG كاهش يافت. برخي پژوهشگران گزارش كرده‌اند كه علت اين امر، پيوند شدن PEG با تانن‌ها مي‌باشد (Makkar, 2003). افزايش قابليت هضم و انرژي قابل متابوليسم در اثر افزودن PEG به خوراك‌هاي حاوي تانن، توسط چندين محقق گزارش گرديده است (Terril et al., 1994; Getachew et al., 2001; Baba et al., 2002).

علت افزايش ميزان نيتروژن غير پروتئيني (NPN) و بخش B_1 پسماندهاي پسته پس از سيلوكردن، به دليل فعاليت پروتئوليتيكي در سيلاژ است كه منجر به افزايش بخش‌هاي محلول از جمله ميزان پروتئين محلول، نيتروژن غير پروتئيني و بخش B_1 مي‌شود (McDonald et al., 1991; McDonald et al., 2002). با خشك كردن پسماندهاي پسته در آفتاب، ميزان بخش B_2 كاهش يافت، زيرا طي فرايند خشك كردن، در اثر عمل آنزيم‌هاي گياهي و اكسيداسيون شيميايي بخش B_2 كاهش و بخش‌هاي محلول (NPN و B_1) افزايش مي‌يابد (McDonald et al., 1991). تجزيه‌ي اجزاي ديواره‌ي سلولي به تركيبات ساده‌تر و فرآيند تجزيه‌ي پروتئين (Proteolysis) در سيلاژ و همچنين آزاد شدن بخشي از پروتئين‌هاي متصل به اجراي ديواره‌ي سلولي در مدت زمان تخمير در سيلو احتمالاً علت كاهش غلظت بخش‌هاي B_3 و C پس از سيلو كردن هستند (McDonald et al., 1991). بخش C، ميزان نيتروژن پيوند شده با الياف نامحلول در شوينده‌ي اسيدي است كه مي‌توان بر اساس ميزان آن، پروتئين آسيب ديده در اثر گرما را تخمين زد. افزايش مقدار بخش C در پسماندهاي پسته خشك شده مي‌تواند به دليل افزايش ميزان نيتروژن پيوند شده با الياف نامحلول در شوينده‌ي اسيدي باشد كه در اثر گرما اين ميزان افزايش مي‌يابد (Chamberlain & Wilkinson, 2000).

نتيجه‌گيري كلي

بر اساس نتايج به دست آمده، پسماندهاي پسته به صورت خشک يا سيلو شده قابليت استفاده به عنوان خوراک دام را دارا مي‌باشد. از سوي ديگر، افزودن پلي‌اتيلن گليكول باعث بهبود ضرايب هضمي گرديد.

REFERENCES

1. Alipour, D. & Rouzbehan, Y. (2007). Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethylene glycol on in vitro gas production and microbial biomass yield. *Animal Feed Science and Technology*, 137, 138-149.
2. AOAC. (1990). *Official methods of analysis* (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., USA.
3. Baba, A. S. H., Castro, F. B., & Ørskov, E. R. (2002). Partitioning of and degradability of browse plants in vitro and the implications of blocking the effects of tannin by the addition of polyethylene glycol. *Animal Feed Science and Technology*, 95, 93-104.
4. Balogun, R. O., Jones, R. J. & Holmes, J. H. G. (1998). Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content. *Animal Feed Science and Technology*, 76, 77-88.
5. Ben Salem, H., Saghrouni, L. & Nafzaoui, A. (2005). Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. *Animal Feed Science and Technology*, 122, 109-121.
6. Chamberlain, A. T. & Wilkinson, J. M. (2000). *Feeding the dairy cow* (2nd ed.). United Kingdom: Chalcombe Publications, Lincoln.
7. Deriaz, R. E. (1961). Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage. Journal of the Science *of* Food and Agriculture, 12, 152-159.
8. 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)
9. Foroughameri, N. (1997). Determination of nutritive value and digestibility of ensiled and dried pistachio hulls. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi)
10. Getachew, G., Makkar, H. P. S. & Becker, K. (2001). Method of polyethylene glycol application to tannin-containing browses to improve microbial fermentation and efficiency of microbial protein synthesis from tannin- containing browses. *Animal Feed Science and Technology*, 92, 51-57.
11. Greenberg, N. A. & Shipe, W. P. (1979). Comparison of the abilities of trichloroacetic, picric, sulfosalicylic, and tungestic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. *Journal of Food Science*, 44, 735-737.
12. Haslam, E. (1998). Practical Polyphenolics: From structure to molecular to recognition and physiological action. United Kingdom: Cambridge University Press, Cambridge.
13. Huber, T. T. (1980). Upgrading Residues and By-products for Animals (pp. 14–15). United States: CRC Press, Boca Raton, FL.
14. Kornsteiner, M., Wagner, K. H. & Elmadfa, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98, 381-387.
15. Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J. & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65, 217-255.
16. Licitra, G., Hernandez, T. M. & Van Soest, P .J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347- 358.
17. Makkar, H. P. S. & Singh, B. (1993). Effect of storage and urea addition on detannification and in sacco dry matter digestibility of mature oak (*Quercus incana*) leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 41, 247-259.
18. Makkar, H. P. S. (2000). Quantification of Tannins in Tree Foliage. Animal Production and Health Section International Atomic Energy Agency. Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100. A-1400 Vienna, Austria.
19. Makkar, H. P. S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 94, 241-259.
20. McDonald, P., Henderson, A. R. & Herson, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd edition). United Kingdom: Chalcombe Publication, Marlow.
21. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition* (6th ed.). United Kingdom: Longman, London.
22. Reed, J. D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, 73, 1516-1528.
23. SAS. (1996). *Statistical analysis system* (Version 6.11). Cary, NC: SAS Institute Inc, USA.
24. Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science,* 70, 3562-3577.
25. Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1982). *Principles and procedures of statistics*: A Biometrical Approach (2nd ed.). USA: McGraw-Hill. New York.
26. Terril, T. H., Windham, W. R., Evans, J. J. & Hoveland, C. S. (1994). Effect of drying method and condensed tannin on detergent fiber analysis of sericea lespedeza. Journal of the Science of Food and Agriculture, 66, 337-343.
27. 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.

28. Thomas T. A. (1977). An automated procedure for the determination of soluble carbohydrate in herbage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 28, 639-642.
29. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. United States: Comstock Publication., Ithaca.
30. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
31. Wong E (1973) Plant phenolics. In: Butler G. W. and Bailey R. W. (eds) Chemistry and Bbiochemistry of Herbage, Vol 1 (pp 265–322). United Kingdom: Academic Press, London.
32. Yahaya, M. S., Kawai, M., Takahashi, J. (2002). The effects of different moisture content and ensiling time on silo degradation of structural carbohydrate of orchardgrass. *Asian-Austral Journal of Animal Science*, 15, 213–217.