بررسی تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین با استفاده از تغذیهٔ دانهٔ کتان اکسترود شده و فرآورده‌های فرعی پوست پسته

مرتضی کردی[۲،۱]، عباسعلی ناصریان[۲]، رضا ولی‌زاده[۲]، عبدالمنصور طهماسبی[۲]

[۱]استادیار گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج؛ [۲]گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، M.kordi@yu.ac.ir, Kordi.3100@gmail.com

چکیده

مطالعات محدودی در رابطه با اثر دانه کتان بر روی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی شیر انجام شده است. این پژوهش به منظور بررسی اثر استفاده از دانهٔ کتان اکسترود شده بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین تغذیه شده با جیره حاوی فرآورده‌های فرعی پسته انجام شد. در این آزمایش، ۲۰ رأس گاو شیردهٔ هلشتاین در اواسط شیردهی (میانگین تولید ۱±۴۰ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره حاوی تخم پنبه (شاهد)، تخم پنبه و پوست پسته (تیمار۲)، دانه کتان اکسترود شده (تیمار۳) و دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (تیمار۴) بودند. داده‌های با استفاده از رویه GLM و نرم افزار SAS (۲۰۰۳) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین مشاهدات نیز توسط آزمون Lsmeans در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان دادند که شیر گاوهای تغذیه شده با تیمار حاوی دانه کتان دارای بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کمترین میزان غلظت مالوندی‌آلدئید (MDA) بوده است (**P**<۰/۰۵). در واقع این آزمایش نشان دادکه تیمارهای حاوی دانه کتان اکسترود شده تمایل اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) برای شرکت در فرآیند پراکسیداسیون کاهش یافته و در نتیجه تمایل کمتری برای تبدیل شدن به MDA داشتند.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب اُمگاتری، پوست پسته، دانه کتان، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی.

۱- مقدمه

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که رادیکالهای آزاد در بروز بیش از ۱۰۰ بیماری بر روی همهٔ اندام‌های اصلی بدن تأثیر می‌گذارند.گونه-های واکنش‌پذیر اکسیژن (ROS[۲]) مولکولهایی حاوی اکسیژن هستند که از لحاظ شیمیایی واکنش‌پذیر می‌باشند. آنتی‌اکسیدان‌ها برای دفاع در برابر رادیکال‌های آزاد به بدن کمک می‌کنند.

در هر حال، شیر گاو حاوی طیف وسیعی از مواد فعّال بیولوژیکی می‌باشد که دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی بوده و خطر ابتلا به بیماری‌هایی همچون تصلب شرایین و سرطان در انسان را کاهش می‌دهند، از بدن در برابر بیماری‌های قلبی-عروقی محافظت می‌کنند، پیشرفت بیماری آلزایمر را کاهش می‌دهند و بدن را در برابر آلاینده‌های محیطی مقاوم می‌سازند. آنتی‌اکسیدان‌های برون‌زادی رایجی که معمولاً از طریق غذا و یا مکمل‌های غذایی تأمین می‌شوند شامل ویتامین‌های (A, C, E)، کاروتنوئیدها (α، β-کاروتن)، همچنین کوآنزیم-های برون‌زادی مانند Q_{10} می‌باشند. بتاکاروتن (پیش‌ساز ویتامین A) میزان خطر ابتلا به سرطان سینه، شش، معده و رحم را کاهش داده و از بدن انسان در مقابل حملهٔ انفارکتوس میوکارد قلب و سکته محافظت می‌نماید (۱). رایس و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که کاروتنوئیدها دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی هستند، از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به مقابله آنها با رادیکال‌های آزاد از طریق انتقال الکترون‌های آزاد یا ترکیب شدن با آنها و تشکیل کمپلکس‌های جدید، بیان نمود. علاوه بر این، آلفا-رتینول نیز رادیکال‌های پروکسیل و اکسیژن یگانه (آزاد) بتاکاروتن را گیر می‌اندازد (۲). ویتامین-E یکی از مهمترین آنتی‌اکسیدانهای موجود در شیر است. این ویتامین از

[۱] مرتضی کردی، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج (فکس: ۰۷۴۳۱۰۰۹۶۶۶، تلفن: ۰۹۱۱۱۱۳۹۵۶۳).

[۲] Reactive oxygen species

طریق گرفتن اکسیژن‌های آزاد و رادیکال‌های هیدورکسیل از پراکسیداسیون لیپیدهای شیر جلوگیری می‌کند (۳). پالوزا و همکاران (۲۰۰۰)، اثر ایکوزآپنتاانوائیک اسید ($C20:5n_3$, EPA) و بتاکاروتن را بر روی رشد سلولهای تومور مورد آزمایش قرار دادند. همچنین نقش محصولات حاصل از پراکسیداسیون را بر روی این فرآیند تأیید نمودند (۴). همچنین محققان دیگری در طی انجام یک پژوهش موش‌هایی که سلولهای سرطانی سینهٔ انسان در آنها ایمپلنت شده بود را با روغن ذرت و یا مخلوطی از روغن ذرت با مقادیر مختلفی از روغن ماهی تغذیه کردند و دریافتند که وقتی موش‌ها با مخلوط روغن ذرت و ماهی تغذیه شده بودند، رشد غدد سرطانی در آنها مهار شده بود (۵). گروهی از محققان نیز بیان کردند که مکمل‌سازی ویتامین E در جیرهٔ موش‌های آزمایشگاهی غلظت MDA را در کبد این حیوانات کاهش داده است (۶).

در واقع هدف از این پژوهش بهبود کیفیت چربی شیر مؤثر بر سلامت مصرف‌کنندگان، از طریق افزایش سطح آنتی‌اکسیدانها در شیر گاو بوده است. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر با استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای یکی از روش‌های سادهٔ ایجاد این تغییرات می‌باشد که می‌تواند هم برای مصرف‌کنندگان و هم برای تکنولوژی کیفیت شیر مزایایی را در پی داشته باشد. مطالعات زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند استفاده از مقادیر و فرم‌های مختلف دانهٔ کتان (کامل، غلطک‌زده، خرد و آسیاب شده) می‌توانند بر روی کیفیت شیر اثر بگذارند (۷، ۸ و ۹).

دانه کتان یکی از منابع غنی پیش‌ساز لیگنان گیاهی بنام سکوایزولاریسی‌رزینول-دی-گلوکوزید می‌باشد (۱۰). غلظت سکوایزولاریسی-رزینول دی گلوکوزید در دانه کتان از ۶/۱ تا ۲۵/۹ میلی گرم به ازای هر گرم متغیر است (۱۱، ۱۲). لیگنان‌ها به عنوان فیتواستروژن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند، زیرا ساختارشان مشابه استروژن‌های طبیعی و سنتتیک و آنتی استروژن‌ها است، امّا آنها همچنین قادرند تا با استرادیول درون‌زادی برای اِتصال به گیرنده‌های استروژن رقابت کنند. اگر چه همانگونه که در گاوهای تغذیه شده با شبدر قرمز و یونجه مشاهده شد، ممکن است فیتواستروژن‌ها باروری را کاهش دهند (۱۳)، امّا لیگنان‌های دانه کتان در تولیدمثل تداخل ایجاد نمی‌کنند. به طوری که حتی مشاهده شده است که جیره‌های حاوی ۹ درصد دانه کتان غلطک زده شده (۱۴) و ۱۰/۸ درصد دانه کامل کتان سبب بهبود باروری در گاوهای شیری شده است (۱۵). لیگنان‌ها گروهی از ترکیبات پلی‌فنولیک هستند که در گیاهان به صورت اتصال‌دهنده‌های گلیکوزیدی حضور دارند. در پی بلعیدن لیگنان‌ها، آنزیم‌های میکروبی پیش‌سازهای لیگنان گیاهی را به لیگنان‌های پستانداران که عمدتاً اینترادیول و اینترولاکتون می‌باشند، تبدیل می‌کنند (۱۶). در مطالعه‌ای محققان نشان دادند که متابولیت اصلی‌ای که از متابولیسم لیگنان توسط میکروب‌های شکمبه از دانه کتان در پستانداران تولید می‌شود اینترولاکتون می‌باشد، درحالی که میکروب‌های مدفوع به طور گسترده اینترودیول تولید می‌کنند (۱۷). علاوه بر این، اینترولاکتون مهم‌ترین لیگنان موجود در شیر گاو تغذیه شده با دانه کتان نیز می-باشد (۱۸ و ۱۹) در حالی که اینترودیول غلظت بسیار پایینی دارد. سکوایزولاریسی‌رزینول-دی-گلوکوزید و متابولیت‌های لیگنان پستانداران دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند (۲۰). پژوهش‌های زیادی اثبات کردند که فیتواستروژن‌های جیره می‌توانند رادیکال-های آزاد بدن را از بین ببرند (۲۱ و ۲۲). لیگنان‌های پستانداران حاصله از متابولیسم لیگنان گیاهی در دستگاه گوارشی حیوانات دارای اثرات ضد سرطانی، آنتی اِستروژنیک و آنتی اُکسیدانی می‌باشند (۲۳) و از این رو، ممکن است استفاده از محصولات دانه کتان، به دلیل افزایش غلظت لیگنان اینترولاکتون شیر برای سلامت انسان نیز مفید باشد (۲۴).

علاوه براین، در بین دانه‌های روغنی، دانه کتان دارای بالاترین غلظت اسید لینولنیک می‌باشد که بطور متوسط حدود ۱۸ درصد کل وزن دانه و ۵۳ درصد کل اسیدهای چرب آن را تشکیل می‌دهد (۲۵). تغذیه دانه کامل کتان، دانه کتان غلطک زده یا اکسترود شده به گاوهای شیری موجب افزایش غلظت اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع خصوصاً **C16:0** در شیر می‌شود (۲۶، ۲۷، ۲۸).

امّا در هر حال، در ارتباط با اثر استفادهٔ دانهٔ کتان بر روی اثرات آنتی‌اکسیدانی شیر مطالعات اندکی انجام شده است. همچنین مکمل کردن همزمان دانهٔ کتان و فرآورده‌های فرعی پسته نیز مسئله و موضوع جدیدی در این حوزه می‌باشد.

حال در این پژوهش در کنار منبع تامین کنندهٔ اسیدهای چرب اُمگاتری و آنتی‌اکسیدان (دانه کتان) در جیره، از اجزای خوراکی دیگری همچون فرآورده‌های فرعی پسته که به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و تانن موجود در آن (۲۹) و همچنین علوفه یونجه (۳۰) که به علت دارا بودن غلظت بالایی از کاروتنوئیدها، دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشند، در تولید دانه کتان اکسترود شده و همچنین در تغذیه دام‌ها به عنوان بخشی از جیره گاوها استفاده شده است.

در واقع هدف از این پژوهش بررسی اثر استفاده از دانهٔ کتان اکسترود شده بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر در گاوهای شیردهٔ هلشتاین تغذیه شده با جیرهٔ حاوی فرآورده‌های فرعی پسته بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- حیوانات، تیمارها و جیره‌های آزمایشی

در این آزمایش از ۲۰ رأس گاو شیردهٔ هلشتاین شکم دوم و سوم زایش (در هر گروه ۳ رأس شکم دوم و ۲ رأس شکم سوم) با میانگین وزن زنده ۱۰±۶۱۰ کیلوگرم و متوسط تولید ۱±۴۰ کیلوگرم در روز و روزهای شیردهی ۲۰±۹۰ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش طی یک دورهٔ ۲۸ روزه انجام شد. قبل از شروع آزمایش گاوها به مدت یک هفته برای عادت‌پذیری با سالن تحقیقاتی فقط با جیره معمول گاوداری تغذیه شدند. بعد از این مدت، آزمایش طی یک دوره ۲۱ روزه عادت‌پذیری با جیره‌های آزمایشی و ۷ روز نمونه‌گیری انجام شد.

چهار جیرهٔ غذایی در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره حاوی تخم پنبه (شاهد)، تخم پنبه و پوست پسته (تیمار۲)، دانه کتان اکسترود شده (تیمار۳) و دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته (تیمار۴) بودند. جیره‌های آزمایشی با نسبت ۳۷ درصد علوفه و ۶۳ درصد کنسانتره بر اساس جداول احتیاجات غذایی گاوهای شیری (NRC,۲۰۰۱) تنظیم شدند. جیره‌های آزمایشی، دانهٔ کتان و فرآورده‌های فرعی پسته بر اساس روش (AOAC, ۲۰۰۲) (۳۱) مورد آنالیز تقریبی قرار گرفتند. ترکیب مواد خوراکی جیره‌های آزمایشی و ترکیب مواد مغذی موجود در آنها در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی در جدول (۲) آمده است. جدول (۳) نیز ترکیب شیمیایی و محتوای ترکیبات فنولی دانه کتان و پوست پسته را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک).

	تیمار[1]			
اجزاء جیره	CS	CS-PIS	LIN	LIN-PIS
یونجه خشک	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
سیلاژ ذرت	۱۷	۷	۱۷	۷
پوست پسته	۰	۱۰	۰	۱۰
تخم پنبه	۹	۹	۰	۰
دانه کتان اکسترود شده	۰	۰	۸	۸
جو	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
ذرت	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
کنجاله کانولا	۶	۴	۷	۴/۶
کنجاله سویا	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵

پودر گوشت	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
تفاله چغندر	۴/۶	۶/۶	۴/۶	۷
آهک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
مکمل مواد معدنی و ویتامینی	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
نمک	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)[۲]				
ماده خشک	۹۶/۴۷	۹۷/۰۳	۹۷/۲۱	۹۷/۳۵
ME (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک)	۲/۴۸	۲/۴۸	۲/۵۳	۲/۵۴
پروتئین خام	۱۷/۳	۱۷/۵	۱۷/۳	۱۷/۴
چربی خام	۳/۷	۴	۴/۸	۵/۱
NFC	۴۲	۴۲/۸	۴۴/۷	۴۵/۱
NDF	۳۱/۲	۳۰	۲۹	۲۸
ADF	۲۰/۶	۱۹/۹	۱۸/۷	۱۸
خاکستر	۸/۹۹	۸/۳۳	۸/۳۴	۸/۶۶
کلسیم	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲
فسفر	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
کل تانن	۰/۲۶	۱/۲۴	۰/۱۸	۱/۲۱

[۱] تیمار ۱ (CS: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (CS-PIS: حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (LIN: حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (LIN-PIS: حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته). [۲] اعداد محاسباتی می باشند.

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی (درصد کل اسیدهای چرب).

	تیمار[۱]			
اسیدچرب	CS	CS-PIS	LIN	LIN-PIS
C8:0	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰
C9:0	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
C10:0	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
C11:1	۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۰۵
C12:0	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۵
iso-C13:0	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۳
Anteiso-C13:0	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
C13:0+C12:1	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۳
C14:0	۰/۷	۰/۸۷	۰/۳	۰/۰۳
iso-C15:0	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱

C14:1-trans9	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰
C14:1-cis9	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳
C15:0	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۲
iso-C16:0	۰/۵۱	۱/۷۵	۰/۴۱	۰/۳۷
C16:0	۲۴/۳۰	۲۴/۶۹	۱۵/۳	۱۵/۲۵
Anteiso-C16:0	۰/۳۳	۰/۸۱	۰/۲۸	۰/۲۸
C16:1-cis9	۱/۱۹	۱/۰۶	۰/۹۸	۰/۹۷
C17:0	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۱۷
C18:0	۳/۶۵	۳/۸	۴/۴۱	۴/۳۰
C18:1-trans9	۰/۰۳۵	۰	۰/۰۲۵	۰/۰۵
C18:1-cis9	۲۱/۰۸	۱۹/۱۱	۲۲/۵۱	۲۲/۷۵
C18:1-cis11	۱/۰۵	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۹
C18:2n6	۴۱/۷۴	۳۴/۱۱	۲۴/۴۲	۲۵/۵۴
C20:0	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۲۷	۰/۲۸
C20:1-cis11	۰/۱۴۵	۰/۱۲۵	۰/۰۵	۰
C18:3n3	۳/۲۶	۸/۴۸	۲۸/۵۵	۲۷/۵۱
C22:0	۰/۲۷	۰/۶	۰/۲۵	۰/۲۶
C22:1-cis13+C20:3-n3	۰/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵
C20:4n6	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹
C22:2n6	۰/۲۳	۰/۶۲	۰/۱۸۵	۰/۱۹
C24:0	۰/۳۲	۰/۶۶	۰/۲۷	۰/۳۳
C22:5n3	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱
SFA	۳۰/۹۶	۳۴/۷۷	۲۳/۰۵	۲۲/۷۲
MUFA	۲۳/۶۱	۲۱/۷۸	۲۳/۶۵	۲۳/۸۵
PUFA	۴۵/۴۳	۴۳/۴۵	۵۳/۳۰	۵۳/۴۳
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

[۱] تیمار ۱ (**CS**: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (**CS-PIS:** حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (**LIN:** حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (**LIN-PIS:**حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

جدول ۳- ترکیب شیمیایی دانه کتان و محصولات فرعی پسته.

ترکیب	دانه کتان	محصولات فرعی پسته
ماده خشک (٪)	۹۴/۶۲	۹۴/۲۱
پروتئین خام (٪DM)	۱۸/۷۰	۱۲/۲۸
چربی خام	۴۱/۰۵	۶/۷۳
NDF	۲۲/۲۱	۳۶/۴۵
ADF	۱۸/۷۳	۲۶/۳۲
خاکستر	۲/۹۵	۱۱/۸۹
کل ترکیبات فنولی	-	۱۰/۳۷
تانن کل	-	۶/۴۴
تانن متراکم	-	۱/۲۷

۲-۲- اندازه‌گیری اسیدهای چرب

اندازه‌گیری اسیدهای چرب دانه کتان خام، اکسترود شده و پوسته پسته توسط آزمایشگاه روغن شرکت سه گل نیشابور انجام شد. جداسازی روغن از دانه کتان و پوست پسته برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب بر اساس روش سرد (با حلال هگزان) انجام شد (استاندارد ملی ایران، ۶۶۵۵). بدین منظور مقدار ۱۰۰ گرم نمونه پوسته پسته که قبلاً در اندازه ۱ mm آسیاب شده بودند، درون یک بشر ۵۰۰ سی-سی ریخته و سپس حدود ۴۰۰ میلی‌لیتر هگزان به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه مخلوط شدن، درب آن توسط فویل آلومینیومی پوشیده شده و در دمای (۴- درجه سانتیگراد) در سردخانه به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس بخش بالایی مخلوط که حاوی چربی حل شده در حلال بود به آرامی درون یک بشر تخلیه شد. به منظور حذف ذرات زائد موجود در حلال با استفاده از سانتریفیوژ مدل (Hermle Labortechnik GMBH, Type Z300, Germany) در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ انجام شد. پس از رسوب ذرات، حلال و چربی موجود در آن به یک بالون ۲۰۰ سی‌سی منتقل شده و سپس هگزان با استفاده از دستگاه روتاری اوپوراتور (Heidolph Laborota 4001, Swiss) تحت فشار خلاء و دمای ۳۵ درجه سانتیگراد تبخیر و روغن استخراجی درون میکروتیوب ریخته شد و به منظور آنالیز اسیدهای چرب به آزمایشگاه منتقل گردید. اسیدهای چرب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه (Perkin-Elmer Chromatograph, modle YongLIN 6100, UK) با دتکتور FID و ستون (۶۰m ×۰/۲۵mm ×۰/۲mμ، به ترتیب طول× قطر× ضخامت) آنالیز شدند (استاندارد ملی ایران، ۱۲۷۳۶).

۲-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی و تانن‌ها

مقدار کل ترکیبات فنولی بر اساس روش فولین شیکالتو[1] اندازه‌گیری شد (۳۲). مقدار کل تانن از طریق محاسبه میزان اختلاف ترکیبات فنولی قبل و بعد از واکنش با پلی‌وینیل‌پیرولیدون به دست آمد. ۱۰ میلی‌لیتر استون ۷۰ درصد به لوله آزمایش حاوی ۱۰۰ میلی-گرم نمونه خشک شده جهت استخراج ترکیبات فنولی اضافه گردید. سپس کربنات سدیم ۲۰ درصد، فنول فولین شیکالتو (۱ مولار) و ۰/۹ میلی‌لیتر آب مقطر به ۰/۱ میلی لیتر از عصاره استونی اضافه گردید. پس از مخلوط شدن به مدت ۳۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد و سپس در طول موج ۷۲۵ نانومتر جذب عددی آن توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. با استفاده از محلول اسید تانیک در غلظت های مختلف منحنی استاندارد رسم شده و سپس مقدار ترکیبات فنولی نمونه محاسبه گردید.

۲-۴- آنالیز آماری

داده‌های با استفاده از رویه GLM و نرم افزار SAS (۲۰۰۳) (۳۳) و در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت زیر مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین مشاهدات توسط آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = مشاهده **i** در تیمار **j**

μ = میانگین کل مشاهدات

T_i = اثر تیمار **i**

e_{ij} = خطای تصادفی

۳- یافته‌ها و بحث

داده‌های مربوط به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل شیر و غلظت مالوندی‌آلدئید در شیر، در جدول (۴) نشان داده شده است. نتایج این مطالعه نشان دادند که شیر گاوهای تغذیه شده با تیمار حاوی دانه کتان دارای بالاترین ظرفیت آنتی اکسیدانی و کمترین میزان غلظت MDA بوده است ($P<۰/۰۵$) هر چند این موضوع برای این تیمار در مقایسه با تیمار اول و چهارم از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است ولی در هر حال در تیمارهای تغذیه شده با دانهٔ کتان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر تمایل به افزایش داشته است. در مقابل نیز شیر گاوهای تغذیه شده با تیمار حاوی پنبه دانه و پوست پسته دارای پایین‌ترین ظرفیت آنتی اکسیدانی و بالاترین میزان غلظت MDA بوده است ($P<۰/۰۵$).

[1] Folin and Ciocalteu

جدول ۴- اثر دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته بر فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی شیر گاوهای شیرده هلشتاین.

فراسنجه[۲]	تیمار[۱]				SEM[۳]
	CS	CS+PIS	LIN	LIN+PIS	
TAC	۰/۷۹^{ab}	۰/۶۹^{b}	۰/۹۹^{a}	۰/۸۷^{ab}	۰/۰۶۳
MDA	۱/۱۸^{ab}	۱/۲۶^{a}	۱/۰۱^{b}	۱/۱۵^{ab}	۰/۰۵۷

[۱] تیمار ۱ (CS: حاوی تخم پنبه)، تیمار ۲ (CS-PIS: حاوی تخم پنبه و پوست پسته)، تیمار ۳ (LIN: حاوی دانه کتان اکسترود شده)، تیمار ۴ (LIN-PIS:حاوی دانه کتان اکسترود شده و پوست پسته).

[۲] TAC، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل؛ MDA، مالوندی‌آلدئید.

[۳] در هر ردیف بین میانگین‌ها با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$).

یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های بروز فرآیند اکسیداسیون در شیر، غلظت MDA در شیر است که از پراکسیداسیون اسیدهای چرب PUFA و تحت تأثیر فعالیت گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن[۱] تشکیل می‌شود. افزایش سطح MDA موجب تغییر خصوصیات فیزیکی غشای سلولی شده و در نتیجه سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابند (۳۴).

مطالعات محدودی در رابطه با اثر دانه کتان بر روی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی شیر انجام شده است. پوپل و همکاران (۲۰۱۳) با تغذیه واریته‌های مختلف دانه کتان به گاوهای شیری نشان دادند که ظرفیت کل آنتی اکسیدانی در شیر بطور معنی‌داری افزایش یافت. این محققان بیان کردند که با دستکاری در جیره گاوها می‌توان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر را بهبود بخشید (۳۵).

۵- نتیجه‌گیری

در واقع این پژوهش نشان داد که می‌توان با استفاده از تغذیه دانه کتان اکسترود شده به تنهایی یا همراه با فرآورده‌های فرعی پوست پسته به گاوهای شیرده، سطح ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شیر در این حیوانات را افزایش داده و قاعدتاً از این طریق نیز می‌توان سلامت مصرف‌کنندگان را ارتقاء بخشید.

۶- تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله، از دانشگاه فردوسی مشهد به علّت فراهم‌آوری شرایط انجام این پژوهش در ایستگاه گاوداری و آزمایشگاه‌های دانشکدهٔ کشاورزی کمال تقدیر و تشکر را دارند. همچنین از جناب آقای پروفسور Yves Chilliard، به خاطر کمک‌های فراوانشان در راستای آنالیز نمونه‌های شیر در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ملّی کشاورزی فرانسه (INRA) بی‌نهایت سپاسگزاریم.

مراجع

1- O'Grady MN, Monahan FJ, Fallon RJ, Allen P, 2001 Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef J Anim Sci 79, 2827–2834.

2- Rice-Evans CA, Sampson J, Bramley PM, Holloway DE (1997) Why do we expect carotenoids to be antioxidants in vivo. Free Radic Res 26, 381-398.

3- Kamal-Eldin A, Appelquist LA (1996) The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. Lipids 31, 671-701.

4- Palozza P, Calviello G, Maggiano N, Lanza P, Ranelletti FO, Bartoli GM, 2000 Beta-carotene antagonizes the effects of eicosapentaenoic acid on cell growth and lipid peroxidation in WiDr adenocarcinoma cells. Free Rad Biol Med 28, 228-234.

[۱] Reactive oxygen species

5- Gonzalez MJ, Schemme RA, Dugan L, Gray JI, Welsch CW (1993) Dietary fish oil inhibits human breast carcinoma growth: a function of increased lipid peroxidation. Lipids 28, 827-832.
6- Naziroglu M, Karaoglu A, Aksoy AO (2004) Selenium and high dose vitamin E administration protects cisplatin-induced oxidative damage to renal, liver and lens tissues in rats. Toxicology 195, 221–230.
7- Allred SL, Dhiman TR, Brennand CP, Khanal RC, Mc Mahon DJ, Luchini ND, 2006. Milk and cheese from cows fed calcium salts of palm and fish oil alone or in combination with soybean products. J Dairy Sci 89, 234–248.
8- Chilliard Y, Martin C, Rouel J, Doreau M, 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. J Dairy Sci 92, 5199–5211.
۹- کردی، م.، ع. ع. ناصریان.، ر. ولی‌زاده و ع. م. طهماسبی. ۱۳۹۸. اثر استفاده از فرآورده‌های فرعی پوست پسته بر عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب شیر در گاوهای شیرده هلشتاین تغذیه شده با جیرهٔ حاوی دانه کتان. هشتمین همایش ملی امنیت غذایی؛ ایده‌ها و پژوهش-ها در مهندسیب بازیافت و کاهش ضایعات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. اردیبهشت ۹۸.
10- Axelson, M., Sjo¨vall, J., Gustafsson, B. E., and Setchell, K. D.R. 1982. Origin of lignans in mammals and identification of a precursor from plants. Nature,298 :659-660.
11- Johnsson, P., Kamal-Eldin, A., Lundgren, L. N., and Aman, P.2000. HPLC method for analysis of secoisolariciresinol diglucosied in flaxsseds. Journal of Agricultural Food Chemistry, 48: 5216-5219.
12- Eliasson, C., Kamal-Eldin, A., Andersson, R., and Aman, P.2003. High-performance liquid chromatographic analysis of secoisolariciresinol diglucoside and hydrozycinnamic acid glusides in flaxseed by alkalinen extraction. Journal of Chromatography, A 1012: 151-159.
13- Adams, N. R. 1995. Detection of the effects of phytoestrogens on sheep and cattle. Journal of Animal Science, 73: 1509-1515.
14- Ambrose, D., Kastelic, J. P., Corbett, R., Pitney, P. A., Petit, H. V., Small, J. A., and Zalkovic, P. 2006. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in alpha-linolenic acid. Journalof Dairy Science, 89:3066-3074.
15- Petit, H. V. 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxeed. Canadian journal of Animal Science, 90: 115-127.
16- Setchell, K. D., Lawson, A. M., Mitchell, F. L., Adlercreutz, H., Kirk, D. N., and Axelson, M. 1980. Lignans in man and in animal species. Nature, 287: 740-742.
17- Cortes, C., Gagnon, N., Benchaar, C., da Silva, D., Santos, G.T. D., and Petit, H. V. 2008. In vitro metabolism of flax lignans by rumen and fecal microflora of dairy cows. Journal of Applied Microbiology, 105:1585-1594.
18- Petit, H. V., and Gagnon., N. 2009. Concentration of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol in milk of cows fed diets containing different concentrations of whole flaxseed. Animal, 3:1428-1435.
19- Petit, H. V., Gagnon, N., Mir, P., Cao, R., and Cui, S. 2009. Milk concentration of the mammalian lignan enterolactone, milk production, milk fatty acid profile, and digestibility of dairy cows fed diets containing whole flaxseed or flaxseed meal. journal of Dairy Research,76:257-264.
20- Kitts, D. D., Yuan, Y. V., Wijewickreme, A. N., and Thompson, L. U. 1999. Antioxidant activity of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglycoside and its mammalian lignan metabolites enterodiol and enterolactone. Molecular and Cellular Biochemistry, 202:91-100.
21- Amarowicz, R., Wanasundara, U., Wanasundra, J., and Shahidi, F. 1993. Antioxidant activity of ethanolic extracts of flaxseed in a b-carotene-linoleate model system. Journalof Food Lipids, 1: 111-117.

22- Prasad, K. 1997. Hydroxyl radical-scavenging property of secoisolariciresinol diglucoside (SDG) isolated from flaxseed. Molecular and Cellular Biochemistry, 168: 117-123.

23- Yuan, Y. V., Rickard, S. E., and Thompson, L. U. 1999. Short-term feeding of flaxseed or its lignans has more influence on in vivo hepatic antioxidant status in young rats. Nutrition Research, 19: 1233-1243.

24- Petit, H. V. 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxeed. Canadian journal of Animal Science, 90: 115-127.

25- Gonthier, C., Mustafa, A. F., Berthiaume, R., Petit, H. V., Martineau, R., and Ouellet, D. R. 2004. Effects of feeding micronized and extruded linseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. Journal of Dairy Science, 87: 1854-1863.

26- Mustafa, A., Chouinard, P. Y., and Christensen, D. A. 2003. Effects of feeding micronized flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. Journal of Science of Food and Agriculture, 83:920-926.

27- Akraim, F., Nicot, MC., Juaneda, P., and Enjalbert, F.2007. Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic acid (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. Animal, 1(6): 835-843.

28- Cattani, M., Mantovani, R., Schiavon, S., Bittante, G. and Bailoni, L. 2014. Recovery of n-3 polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acids in ripened cheese obtained from milk of cows fed different levels of extruded flaxseed. Journal of Dairy Science, 97: 123-135.

29. Goli, A.H., Barzegar, M., and Sahari, M.A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (Pistachia vera) hull extracts. Food Chemistry, 92, 521-525.

30- Xie, Z., Huang, J., Xu, X., and Jin, Z. 2008. Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. Food Chemistry, 111:370-376.

31- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2002. In: *Official Methods of Analysis* eighteennd ed. AOAC International, Gaithers-burg, Maryland, USA.

32- Makkar, H.P.S., Bluemmel, M., Borowy, N.K., and Becker, K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 61: 161-165.

33- Statistical Analysis System (SAS)., 2003. User Guide: Statistics. Version 9.2. SAS institute Inc., Cary, NC, USA.

34- Chen, J. L ., 2000. Formation of malonedialdehyde adducts in livers of rats exposed to ethanol: role in ethanol-madiated inhibition of cytochrome c oxidase. Alcohol Clin Exp Res 24, 544-552.

35- Puppel, K., Nałęcz-Tarwacka, T., Kuczyńska, B., Gołębiewski, M., Kordyasz, M., 2013. Effect of different fat supplements on the antioxidant capacity of cows' milk. Archiv Tierzucht 56 (17).