

تعیین ارزش تغذیه‌ای دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری‌شده با حرارت با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز و بررسی روند تجزیه‌پذیری ماده خشک آنها با مدل‌های همضمی مختلف

حجت شهزاد^۱، اکبر تقی زاده^{۲*} و یوسف مهمان نواز^۱

۱- گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

۲- گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

چکیده

تحقیق حاضر، به منظور تعیین ارزش غذایی دانه‌ی گلرنگ خام و عمل‌آوری شده (در ۱۲۰ درجه سانتیگراد)، با روش‌های کیسه‌های نایلونی (*in situ*) و روش آزمون گاز (*in vitro*) انجام شد. در این پژوهش تعداد دو رأس گوسفند اخته‌ی فیستولاگذاری شده (۲/۵ ± ۵۰/۵ کیلوگرم)، مورد استفاده قرار گرفت. مقدار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت و تجزیه‌پذیری به روش‌های کیسه‌های نایلونی در زمان‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت اندازه‌گیری گردید. تجزیه‌پذیری ماده‌ی خشک دانه‌ی گلرنگ خام و عمل‌آوری حرارتی شده در ۴۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۵۴/۳۰ و ۵۰/۹۰ درصد به دست آمد (۰/۰۵ ≤ P). تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ خام و عمل‌آوری حرارتی شده در ۴۸ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۴۷/۸۹ و ۴۴/۲۵ درصد به دست آمد (۰/۰۵ ≤ P). برای تفسیر روند تجزیه‌پذیری ماده‌ی خشک دانه‌ی گلرنگ مدل ۳ و برای پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ مدل ۲ بهترین مدل برازش شده بودند. میزان گاز تولیدی دانه‌ی گلرنگ خام و عمل‌آوری حرارتی شده (۷۲ ساعت پس از انکوباسیون) به ترتیب ۱۶۱/۳۹ و ۳۲۸/۱۲ میلی‌لیتر بر گرم ماده‌ی خشک بود (۰/۰۵ ≤ P).

واژه‌های کلیدی: دانه‌ی گلرنگ، عمل‌آوری با حرارت، تجزیه‌پذیری، تولید گاز

مقدمه

گلرنگ از خانواده کاسنی‌ها (*Compositae*) با نام انگلیسی *Carthamus tinctorius* و نام عمومی *Safflower* از خانواده *Asteraceae* می‌باشد. ایران نیز با وسعت اراضی قابل کشت و زمین‌های مناسب برای تولید دانه‌های روغنی، پویا بوده است. در سالهای اخیر وزارت کشاورزی سطح زیر کشت دانه‌های روغنی را در کشور افزایش داده است. در این میان، استفاده از منابع جایگزین، مثل دانه‌ی کامل گلرنگ در تغذیه‌ی دام و طیور یکی از گزینه‌هایی است که می‌تواند در راستای توسعه‌ی بخش دامداری و ایجاد اشتغال پایدار مدنظر باشد، چرا که با استفاده از این منابع، می‌توان پروتئین مورد نیاز را تأمین کرد و منجر به توسعه‌ی بخش دامپروری از طریق کاهش هزینه‌های مصرفی شد، همچنین استفاده از این منابع می‌تواند منجر به کاهش وابستگی کشورهای در حال توسعه به واردات دانه‌های روغنی از سایر کشورها گردد (خسروی‌فر، ۱۳۸۷). احتیاج پروتئینی گاوهای شیرده پرتولید و گوساله‌های پروراری بیشتر از مقدار پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه است، به همین دلیل وارد کردن پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه این حیوانات ضروری است (والتر و همکاران، ۱۹۸۹).

امینی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند، ماده‌ی خشک، پروتئین خام، عصاره‌ی اتری، الیاف خام، عصاره‌ی عاری از ازت، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و خنثی دانه‌ی کامل گلرنگ رقم ۱۱۱-IL به ترتیب ۹۶/۲۵، ۱۷/۶۳، ۳۰/۳۲، ۲۶/۱۳، ۲۳/۱۹، ۲/۱۳، ۴۰/۸ و ۶۳/۸ درصد می‌باشد. در تجزیه‌ی که توسط مافی (۱۳۸۶)، صورت گرفته است، میزان پروتئین ۱۲-۲۴ درصد در دانه‌ی کامل و ۲۳ درصد در کنجاله‌ی گلرنگ گزارش شده است. نجف‌یار و همکاران (۱۳۸۹) میزان انرژی خالص دانه‌ی کامل گلرنگ را ۵/۹۳ مگاژول بر کیلوگرم ماده‌ی خشک گزارش نمودند. علیزاده و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر دانه‌ی گلرنگ رقم ۱۱۱-IL (*Rosted*) و روغن ماهی بر مصرف ماده‌ی خشک، عملکرد و ترکیب پروفایل اسید چرب شیر در گاوهای شیری را بررسی کرده و نشان دادند، مصرف دانه‌ی گلرنگ (۲۵ گرم به ازای هر کیلوگرم ماده‌ی خشک غذا) به تنهایی باعث افزایش درصد چربی شیر و مصرف خوراک شده بود. تغییرات روند هضمی دارای اهمیت تغذیه‌ای می‌باشد، چون بخشی از مواد مغذی مصرف شده که توسط دام جذب می‌شود را معین می‌کند (بالدوین و الی، ۱۹۷۹). مدل‌های دینامیکی هضم نه تنها سبب پیش بینی ارزش تغذیه‌ای خوراک‌ها همراه با تغییرات جیره، جمعیت میکروبی و وضعیت‌های فیزیولوژیکی دام است بلکه باعث کشف عوامل محدود کننده فرایند هضم نیز

می‌شود (فوربس و فرانس، ۱۹۹۶). مدل‌های مختلفی برای توصیف هضم و عبور خوراک در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان پیشنهاد شده است (بالدوین و الی، ۱۹۷۹ و مرتنز و الی، ۱۹۷۹). میزان هضم مواد خوراکی تابعی از زمان توقف آن در دستگاه گوارش است و تغییرات روند هضمی می‌تواند با تقسیم کردن غذا به بخش‌های سریع الهضم شکمبه‌ای، بخش کند هضم و غیر قابل هضم تقسیم شود. بعلاوه متغیر بودن ماهیت مواد خوراکی، مدل‌ها و معادلات هضمی مختلف با پراکنش زیاد وجود دارد که برای هر نوع خوراک مدل‌های جداگانه‌ای بایستی ترسیم نمود. (فوربس و فرانس، ۱۹۹۶).

استفاده از روشهای مختلف هضمی بر اساس نوع فرمول غذایی و ترکیب خوراک و نوع تجزیه پذیری آنها باعث بوجود آمدن این مدل‌ها شده است. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان فراسنجه‌های هضم شکمبه‌ای مواد خوراکی را تخمین زده و سپس مواد خوراکی یا سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای را مقایسه نمود. در روش استفاده از کیسه‌های نایلونی نیز برای تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی، پس از اینکه میزان ناپدید شدن پروتئین خوراک از کیسه‌ها، در زمان‌های مختلف آنکوباسیون اندازه‌گیری شد، داده‌های حاصله عموماً با یک مدل خطی (فاکس و همکاران، ۱۹۹۲) یا غیرخطی (لوپز و همکاران، ۱۹۹۹؛ مرتنز و لوفتن، ۱۹۸۰) برازش داده می‌شوند تا نرخ تجزیه‌پذیری و سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌ی مغذی تخمین زده شود. با تلفیق فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در شکمبه و نرخ خروج مواد مغذی از شکمبه، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده‌ی مغذی قابل تخمین است. گرچه مدل‌های ریاضی مختلف به طور گسترده‌ای برای تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد خوراکی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی عموماً شایستگی برازش آنها مورد آزمون قرار نگرفته است (باچ و همکاران، ۱۹۹۸). در بین مدل‌های مختلف، سه مدل اورسکوف و مکدرنالد (۱۹۷۹)، فاکس و همکاران (۱۹۹۲) و لوپز و همکاران (۱۹۹۹) بیشتر در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش

اجرای مراحل مختلف آزمایشات در آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه صورت پذیرفت. ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی مورد مطالعه قبل از شروع آزمایش در آزمایشگاه با استفاده از روش AOAC (۲۰۰۵) تعیین شد. برای این منظور، از دانه‌ی گلرنگ مورد مطالعه، ۱۰ نمونه بطور تصادفی

در این مطالعه چهار مدل آماری مختلف جهت بررسی روند هضمی مورد مقایسه قرار گرفته است که شامل مدل‌های زیر می‌باشند:

مدل ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) بدون لحاظ نمودن فاز تأخیری.

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

مدل ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) با لحاظ نمودن فاز تأخیری.

$$P = a + b(1 - e^{-ct+L})$$

مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۰).

$$P = \frac{K - K \exp(-ct)}{K - 1}$$

مدل دانو و همکاران (۱۹۹۵).

$$P = 1 - e^{-c(t-L) - d(\sqrt{t} - \sqrt{L})}$$

پارامترهای تجزیه‌پذیری توسط مدل‌های هضمی مختلف تعیین شده و جهت بررسی در جداول جداگانه تفسیر شد.

اطلاعات حاصل از تجزیه‌پذیری در هر ساعت انکوباسیون توسط نرم افزار SAS (۲۰۰۲) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. مدل آماری طرح بصورت زیر بود.

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

Y_{ij} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین کل، T_i = اثر تیمار و e_{ij} = خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری‌شده با حرارت در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، فرآوری حرارتی دانه‌ی گلرنگ در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باعث افزایش معنی‌داری در مقادیر ماده‌ی خشک، پروتئین خام و NDF گردید ($P < 0.05$). همچنین عمل‌آوری حرارتی باعث کاهش معنی‌داری در مقادیر الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و ADIN (معادل فارسی) دانه گلرنگ عمل‌آوری شده گردید. امینی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) مقادیر ماده‌ی خشک و پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ را به ترتیب ۹۶/۲۵ و ۱۷/۶۳ درصد گزارش نمود که با مقادیر بدست آمده در این مطالعه، مطابقت دارد.

از قسمت‌های مختلف توده‌ی آن، برداشته و سپس آن‌ها را با هم مخلوط نموده و به صورت یک نمونه‌ی تلفیقی بدست آمده، سپس این نمونه به دو قسمت تقسیم شد و قسمت اول بصورت خام و قسمت دوم جهت فرآوری با دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به آزمایشگاه تغذیه‌ی دام منتقل گردید. نمونه‌ها پس از آسیاب شدن با غربال دو میلی‌متری، برای انجام تجزیه‌ی شیمیایی و اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی آماده شدند. فرآوری دانه‌ی گلرنگ (جهت بدست آوردن دانه‌ی حرارت‌دیده) بدین صورت انجام پذیرفت که مقدار ۵۰۰ گرم از دانه‌ی گلرنگ در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد آون، به مدت ۲۰ دقیقه فرآوری شد. پس از فرآوری نمونه‌ها بلافاصله آسیاب شده و توسط غربال ۲ میلی‌متری غربال شدند.

ترکیبات شیمیایی طبق روش‌های AOAC (۲۰۰۵)، ماده‌ی خشک با استفاده از اختلاف وزن نمونه‌های خشک شده در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و پروتئین خام با استفاده از از دستگاه کج‌دال اندازه‌گیری شد. همچنین تجزیه‌پذیری شمه‌ای با روش *In situ* با استفاده از ۲ رأس گوسفند نر اخته نژاد قزل (۲/۵ ± ۵۰ کیلوگرم)، فیستولاگذاری شده، اندازه‌گیری گردید. حیوانات آزمایشی بوسیله جیره‌ای با نسبت ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره تغذیه شدند. غذای تعیین شده برای دام‌ها به صورت منظم (روزی دو نوبت) در اختیار آن‌ها قرار می‌گرفت تا سبب رشد و تراکم مناسب جمعیت میکروبی، در طول زمان تخمیر نمونه‌ها در شکمبه شود. زمان‌های انکوباسیون صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت بود. برای هر تیمار در هر ساعت ۴ تکرار تهیه شد و میزان ضریب تجزیه‌پذیری از رابطه ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) با استفاده از نرم افزار Neway محاسبه گردید پلنگی (۱۳۸۶). اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری تولید گاز به روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) انجام گرفت. در این روش جابجایی مایع درون شیشه‌های مدرج توسط فشار گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک معرف میزان تولید گاز در نظر گرفته می‌شود. مایع شکمبه مورد نیاز از دو رأس گوسفند فیستولاگذاری شده که به مدت یک ماه با جیره‌ای شامل ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد یونجه مرغوب تغذیه شده بودند تهیه شد. برای تصحیح میزان گاز تولیدی ناشی از مایع شکمبه، سه عدد شیشه بعنوان بلانک که فقط حاوی مایع شکمبه بودند در نظر گرفته شد.

مدل آماری

جدول ۱- ترکیبات مواد مغذی دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری شده (درصد ماده خشک)

ترکیبات مغذی							دانه‌ی گلرنگ
ADIN	ADF	NDF	Ash	EE	CP	DM	
۰/۵۸ ^a	۳۲/۲۲ ^a	۴۰/۲۳ ^b	۴/۰۳	۲۱/۲۳	۱۷/۲۴ ^b	۸۸/۱۰ ^b	خام
۰/۴۸ ^b	۳۰/۸۳ ^b	۴۱/۷۷ ^a	۴/۰۴	۲۰/۸۴	۱۸/۰۸ ^a	۹۱/۲۹ ^a	فرآوری شده
۰/۰۲۴۳	۰/۲۰۵۸	۰/۲۲۳۵	۰/۰۹۰۹	۰/۱۹۸۴	۰/۱۴۰۲	۰/۴۸۸۴	SEM
۰/۰۳۹۵	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۸۱	۰/۰۹۰۳۱	۰/۲۴۰۲	۰/۰۱۳۳	۰/۰۰۹۹	P-Value

در مطالعه‌ی حاضر، با توجه به اینکه میزان ماده‌ی خشک دانه‌ی گلرنگ فرآوری شده نسبت به دانه‌ی خام، افزایش یافته است و همچنین حرارت منجر به کاهش چربی موجود در دانه‌ها گردیده است لذا با توجه به اینکه فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری نسبت به ماده‌ی خشک مورد ارزیابی می‌شوند، بنابراین میزان پروتئین - خام بیشتر مشاهده می‌شود. (علت اصلی افزایش میزان ماده خشک و کاهش رطوبت و در نتیجه افزایش نسبی فراسنجه‌های فوق می‌باشد).

تجزیه پذیری شکمبه‌ای

میانگین داده‌های ناپدیدشدن ماده‌ی خشک و پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری شده در جداول ۲ و ۳ ذکر شده است.

نجف‌نژاد (۱۳۸۵) که اثر برشته نمودن جو، ماشک و گاوآنه را مورد بررسی قرار داده بود، گزارش نمود که برشته نمودن ماشک منجر به افزایش مقدار پروتئین خام، در دانه‌ی جو منجر به کاهش و در دانه‌ی گاوآنه تأثیری روی پروتئین خام ندارد. پایا (۱۳۸۶) مقادیر پروتئین خام سبوس گندم و یونجه‌ی خشک را به ترتیب ۱۶/۹۲ و ۱۷ درصد گزارش نمود که با نتایج بدست آمده در این مطالعه برای پروتئین خام مطابقت دارد. میلیس و همکاران (۲۰۰۶) میزان ماده‌ی خشک، پروتئین خام، ADF، NDF، خاکستر خام و ADIN را برای کنجاله‌ی سویا ۱۸/۷۱، ۴۸/۵، ۹/۲، ۷/۷، ۷/۶ و ۱۸ گرم در کیلوگرم ازت و برای سبوس گندم ۸۵/۹، ۱۹/۷، ۴۳/۹، ۱۵/۱، ۵/۵ و ۱۷/۴ گرم در کیلوگرم ازت گزارش کرده‌اند که فقط از نظر NDF با داده‌های حاصل از این مطالعه مطابقت دارد.

جدول ۲- ناپدیدشدن ماده‌ی خشک (درصد) دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری شده در زمان های مختلف انکوباسیون

ساعات انکوباسیون								دانه‌ی گلرنگ
۴۸	۳۶	۲۴	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	
۵۴/۳۰ ^a	۴۹/۵۲ ^a	۴۷/۳۹	۴۳/۶۰ ^a	۳۱/۹۲ ^a	۱۹/۶۸ ^a	۱۷/۳۳ ^a	۸/۶۶ ^a	خام
۵۰/۹۰ ^b	۴۶/۲۱ ^b	۴۵/۲۴	۴۰/۲۷ ^b	۲۸/۴۷ ^b	۱۷/۲۶ ^b	۱۴/۵۳ ^b	۷/۳۱ ^b	فرآوری شده
۰/۶۵۷۰	۰/۷۲۸۰	۰/۵۹۷۵	۰/۴۸۲۶	۰/۵۴۴۲	۰/۲۳۹۹	۰/۳۱۴۳	۰/۱۷۶۲	SEM
۰/۰۲۱۷	۰/۰۳۲۳	۰/۰۶۳۷	۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۵۷	P-Value

تمامی ساعات انکوباسیون شکمبه‌ای، گلرنگ خام بیشترین میزان تجزیه‌پذیری ماده‌ی خشک را نسبت به تیمار فرآوری‌شده دارا بود و اختلاف بین میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). علت این اختلاف ناشی از واکنش‌های حرارتی و تجزیه‌پذیری از ماده خشک حین فرآوری با حرارت است.

با توجه به نتایج گزارش شده در زمان صفر ساعت انکوباسیون میزان ناپدیدشدن ماده‌ی خشک گلرنگ خام $8/66\%$ بیشترین و گلرنگ فرآوری شده با $7/31\%$ کمترین میزان را دارا می‌باشند. این تفاوت می‌تواند ناشی از تغییرات کربوهیدرات‌های ساختمانی و غیر ساختمانی در روند حرارت دادن (فرآوری نمودن) باشد. در

جدول ۳- ناپدیدشدن پروتئین خام (درصد) دانه‌ی گلرنگ خام و فرآوری شده در زمان های مختلف انکوباسیون

دانه‌ی گلرنگ	ساعات انکوباسیون							
	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۴	۳۶	۴۸
خام	۶/۴۸ ^a	۹/۱۲ ^a	۱۴/۸۹ ^a	۲۰/۶۹ ^a	۲۹/۸۸ ^a	۳۲/۹۴	۴۰/۴۰ ^a	۴۷/۸۹ ^a
فرآوری شده	۴/۷۰ ^b	۷/۵۴ ^b	۱۲/۵۱ ^b	۱۷/۷۱ ^b	۲۵/۷۷ ^b	۲۹/۷۶	۳۸/۳۱ ^b	۴۴/۲۵ ^b
SEM	۰/۲۲۲۵	۰/۱۶۰۷	۰/۲۳۰۳	۰/۲۴۵۴	۰/۲۷۴۹	۰/۱۶۲۴	۰/۲۷۵۶	۰/۲۹۶۸
P-Value	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۱۰

فراسنجه های تجزیه‌پذیری با استفاده از مدل‌های مختلف

هضمی

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که براساس ضریب تبیین محاسبه شده برای مدل‌های مختلف، در مورد دانه‌ی گلرنگ فرآوری‌شده و نشده مدل ۳ یعنی مدل فرانس و همکاران (۱۹۹۰) به عنوان بهترین مدل برازش یافته برای تعیین مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری ماده‌ی خشک دانه‌ی گلرنگ می‌باشد.

با توجه به نتایج گزارش شده در زمان صفر ساعت انکوباسیون میزان ناپدیدشدن پروتئین خام گلرنگ خام $6/48\%$ بیشترین و گلرنگ فرآوری شده با $4/70\%$ کمترین میزان را دارا می‌باشند. این تفاوت می‌تواند ناشی از تغییرات ساختمان پروتئینی دانه‌ی گلرنگ حرارت داده (فرآوری نمودن) باشد. که در نتیجه‌ی آن پیوندهای عرضی پروتئین از بین رفته و پروتئین شکل چهارم خود را از دست می‌دهد و در نتیجه از دسترس میکروارگانسیم‌های شکمبه خارج شده و بصورت پروتئین عبوری از شکمبه خارج می‌گردد. در تمامی ساعات انکوباسیون شکمبه‌ای، گلرنگ خام بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام را نسبت به تیمار فرآوری شده دارا بود و اختلاف بین میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

نجفی‌ار (۱۳۸۸) گزارش نمود که تجزیه‌پذیری ماده‌ی خشک گلرنگ در ساعت ۱۶ انکوباسیون شکمبه‌ای، $47/08$ درصد می‌باشد که از مقادیر بدست آمده در این مطالعه بیشتر بود. نجفی‌نژاد (۱۳۸۵) که در مورد پروتئین خام جو، ماشک و گاودانه مطالعه نموده است کاهش معنی‌داری در اثر برشته نمودن مواد خوراکی مورد مطالعه، گزارش نموده است که با نتایج حاصله در این مطالعه، مطابقت دارد.

جدول ۴- مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه آنها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه پذیری ماده‌ی خشک دانه‌ی گلرنگ*

مدل	A	B	C	L	D	K	SSM ¹	CSST ²	R-square	تعداد تکرار
گلرنگ فرآوری نشده										
۱	۶/۶۲۹۵	۵۰/۸۶۲۵	۰/۰۵۹۹	-	-	-	۵۹۰/۸۱۶	۶۱۶۴/۹	۰/۹۵۸۴	۱۱
۲	۱۲/۹۹۱۷	۳۹/۳۱۷۷	۰/۱۳۶۲	۶/۶۷۱۲	-	-	۵۹۹۶/۶	۶۱۶۴/۹	۰/۹۷۲۷	۱۰
۳	۱۰/۰۲۵۸	۴۲/۲۵۰۶	۰/۱۶۲۳	-	-	۰/۰۱۳۵	۶۰۳۲/۷	۶۱۶۴/۹	۰/۹۷۸۵	۱۴
۴	۱۲/۹۹۱۷	۴۲/۴۷۴۴	-۰/۰۴۵۳	۶/۹۵۳۴	۱/۰۹۳۷	-	۶۰۰/۱/۲	۶۱۶۴/۹	۰/۹۷۳۴	۶۳
گلرنگ فرآوری شده										
۱	۴/۸۹۱	۴۹/۶۷۲	۰/۰۵۸	-	-	-	۵۵۶۶/۷	۵۸۵۱/۸	۰/۹۵۱۳	۱۲
۲	۱۳/۰۳۲	۳۵/۳۶۷	۰/۱۹۱۸	۸/۹۲۶	-	-	۵۶۳۳/۳	۵۸۵۱/۸	۰/۹۶۲۷	۱۶
۳	۸/۹۴۴	۳۹/۹۹۴	۰/۱۷۷۸	-	-	۰/۰۰۳۷	۵۷۲۹/۱	۵۸۵۱/۸	۰/۹۷۹۰	۲۴
۴	۱۰/۹۱۵	۳۷/۲۷۹	۰/۴۸۱۸	۵/۴۷۲۶	-۲/۲۵۴۴	-	۵۶۸۵/۴	۵۸۵۱/۸	۰/۹۷۱۶	عدم همگرایی

*در این جدول، مدل ۱: مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری، مدل ۲: مدل ارسکوف با فاز تأخیری، مدل ۳: مدل فرانس و مدل ۴: مدل دانوا می‌باشد
 ۱- sum-of-squares means-۲ corrected sum-of-squares-time

سنتی‌گرد) را به ترتیب ۲۴ و ۳۰ درصد و برای بخش b به ترتیب ۶۳ و ۵۴ درصد گزارش نمودند که از نظر کاهش بخش نامحلول ماده‌ی خشک در اثر حرارت دادن با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که بر اساس ضریب تبیین محاسبه شده برای مدل‌های مختلف، در مورد دانه‌ی گلرنگ فرآوری نشده مدل ۴ بهترین برازش را از تجزیه‌پذیری پروتئین دانه‌ی گلرنگ داشته و در مورد دانه‌ی گلرنگ فرآوری شده مدل ۲ و ۴ ارزش یکسانی دارند، ولی مدل ۲ (مدل ارسکوف و همکاران با فاز تأخیری) به دلیل داشتن تعداد تکرار کمتر برای رسیدن به همگرایی می‌تواند به عنوان بهترین مدل برازش یافته برای تعیین مؤلفه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ انتخاب گردد.

نجفی‌ار و همکاران (۱۳۸۹) مقادیر بخش‌های a و b ماده‌ی خشک دانه‌ی کامل گلرنگ و گلرنگ حرارت‌دیده در اتوکلاو به مدت ۶۰ دقیقه را به ترتیب ۲۶/۷۹ و ۲۱/۶۱ درصد برای گلرنگ خام و ۱۱/۵۳ و ۳۶/۲۵ برای گلرنگ فرآوری شده گزارش نمودند که با مقادیر بدست آمده در این مطالعه مطابقت ندارد. فتحی نسری و همکاران (۲۰۰۶) مقادیر بخش a ماده‌ی خشک دانه‌ی سویا را با استفاده از مدل‌های ۱ (فرانس و همکاران، ۱۹۹۰)، ۲ (ارسکوف و مکدونالد، ۱۹۷۹) و مدل ۳ (لوپیز و همکاران، ۱۹۹۹) به ترتیب ۹۷/۹۶، ۹۵/۳۱ و ۴۱/۰۸ درصد بدست آورد و همچنین مقادیر بخش b در مطالعه فوق به ترتیب ۴۷/۷۲، ۵۴/۵۳ و ۵۸/۹۲ درصد بود که با مقادیر بدست آمده در این مطالعه مطابقت ندارد که این اختلافات می‌تواند به تفاوت در واریته‌ی دانه‌ی روغنی مورد مطالعه در آزمایش فوق بستگی داشته باشد. دانش‌مسگران و همکاران (۱۳۸۴) مقادیر بخش a ماده‌ی خشک دانه‌ی کلزای خام و حرارت‌دیده (در دمای ۱۲۰ درجه‌ی

جدول ۵- مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه‌ی آنها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه‌ی گلرنگ

مدل	A	B	C	L	D	K	SSM	CSST	R-square	تعداد تکرار
گلرنگ فرآوری نشده										
۱	۴/۷۸۷۷	۵۶/۴۹۵۲	۰/۰۲۹۳	-	-	-	۴۶۰۷/۲	۴۶۹۱/۹	۰/۹۸۱۹	۳۱
۲	۶/۴۸۳۳	۴۷/۹۴۸۱	۰/۰۴۰۵	۲/۶۶۷۷	-	-	۴۶۳۴/۲	۴۶۹۱/۹	۰/۹۸۷۷	۷
۳	۵/۳۷۰۲	۴۵/۸۳۸۴	۰/۰۶۰۳	-	-	۰/۰۶۰۳	۴۶۱۲/۱	۴۶۹۱/۹	۰/۹۸۳۰	۱۹
۴	۶/۴۸۳۳	۷۴/۹۰۹۸	۰/۰۰۴۱۴	۳/۲۲۶۵	۰/۱۱۷۴	-	۴۶۳۷/۹	۴۶۹۱/۹	۰/۹۸۸۵	۲۲
گلرنگ فرآوری شده										
۱	۳/۱۸۱	۵۷/۸۵۷	۰/۰۲۶۰	-	-	-	۴۳۰۱/۶	۴۳۵۲/۸	۰/۹۸۸۲	۶
۲	۴/۶۹۷	۴۹/۰۶۰	۰/۰۳۵۳	۲/۵۲۱۵	-	-	۴۳۲۱/۹	۴۳۵۲/۸	۰/۹۹۲۹	۶
۳	۳/۹۶۱	۴۴/۰۴۴	۰/۰۶۲۳	-	-	۰/۱۸۳۱	۴۳۱۰/۷	۴۳۵۲/۸	۰/۹۹۰۳	۱۵
۴	۴/۶۹۷	۴۹/۶۹۹	۰/۰۳۳۲	۲/۵۸۴۲	۰/۰۰۹۶	-	۴۳۲۱/۹	۴۳۵۲/۸	۰/۹۹۲۹	۹

در این جدول، مدل ۱: مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری، مدل ۲: مدل ارسکوف با فاز تأخیری، مدل ۳: مدل فرانس و مدل ۴: مدل دانوا می‌باشد

دانش مسگران و همکاران (۱۳۸۴) مقادیر بخش‌های محلول دانه‌ی کلزای خام و حرارت‌دیده (در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی-گراد) را به ترتیب ۳۵ و ۳۸ درصد و برای بخش b به ترتیب ۶۲ و ۶۰ درصد گزارش نمودند که نتایج مطالعه ایشان نشان می‌دهد که حرارت منجر به افزایش بخش محلول پروتئین و کاهش بخش قابل حل (b) می‌گردد. که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت ندارد که اختلافات موجود احتمالاً به تفاوت در واریته دانه‌ی روغنی و یا نوع و مدت زمان حرارت دادن بستگی داشته باشد.

تولید گاز آزمایشگاهی

مقدار گاز تولیدی دانه‌ی خام و عمل‌آوری شده در جدول ۶ آورده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه دانه‌ی گلرنگ حرارت‌دیده میزان گاز بیشتری را نسبت به گلرنگ خام در تمام ساعات انکوباسیون تولید نموده است و اختلاف بین میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد ($P < 0/05$). روند داده‌های تولید گاز حاکی از آن است که حرارت منجر به افزایش معنی‌داری در گاز تولیدی ماده‌ی خوراکی مورد آزمایش شده

وودز و همکاران (۲۰۰۳b) ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله‌ی سویا را به ترتیب برای بخش‌های a و b، ۱۲/۹، ۸۳ و ۱۵=c در ساعت گزارش کردند. صادقی و همکاران (۱۳۸۴) ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله‌ی سویا را به ترتیب ۱۷/۷، ۸۰/۲ و ۸=c در ساعت گزارش کردند که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت ندارد. شورنگ و همکاران (۱۳۸۷) تجزیه‌پذیری بالقوه (a+b) پروتئین کنجاله‌های سویا، منداب، گلرنگ و پنبه دانه‌ی عمل‌آوری نشده را به ترتیب ۹۷/۴، ۹۵/۳، ۹۲/۵ و ۹۵/۶ درصد گزارش نمودند که بیشتر از مقادیر بدست آمده در این مطالعه می‌باشد. علت وجود اختلاف بین نتایج مطالعات گوناگون را می‌توان تفاوت در ترکیب شیمیایی و واریته دانه‌های پروتئینی، خصوصیات کیسه‌ها و شرایط انکوباسیون عنوان نمود. مقادیر بخش a و b پروتئین خام دانه‌ی سویا در مطالعه‌ی فتحی نسری و همکاران (۲۰۰۶) برای مدل‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۴۳/۰۷ و ۴۰/۴۴ و ۳۶/۸۰ درصد برای بخش محلول و برای بخش b به ترتیب ۵۱/۳۵، ۵۹/۲۳ و ۶۳/۱۲ درصد بود که با مقادیر بدست آمده در این مطالعه مطابقت ندارد.

است که این احتمالاً به تغییر ساختمان کربوهیدرات‌ها، آزاد شدن نشاسته محصور در ساختمان پروتئینی و یا کاهش بازدارندگی برخی عوامل ضد تغذیه‌ای در دانه‌ی گلرنگ در اثر حرارت باشد. در ضمن این احتمال وجود دارد که دانه‌ی خام گلرنگ محتوی روغن بالایی است که از تأثیر میکروارگانیسم‌ها در شرایط *In vitro* جلوگیری می‌نماید (دوندرا و لویس (۱۹۷۴) چهار فرضیه را برای تفسیر این پدیده پیشنهاد کرده‌اند: ۱- چربی به صورت یک لایه ای سطح الیاف را پوشانده و باعث می‌شود که ذرات الیاف از حمله‌ی میکروبی در امان باشند، ۲- به علت اثرات سمی احتمالی چربی روی میکروارگانیسم‌های مشخص، جمعیت میکروبی شکمبه تغییر می‌کند، ۳- به علت اثر اسیدهای چرب

روی غشاهای سلول میکروبی، از فعالیت میکروبی جلوگیری می‌شود، ۴- با تشکیل کمپلکس نامحلول اسیدهای چرب بلند زنجیر با کاتیون‌هایی مثل کلسیم، فراهمی این کاتیون‌ها کاهش می‌یابد، لذا در گلرنگ حرارت‌دیده، حرارت منجر به کاهش سطح روغن در این دانه‌ی روغنی شده است لذا اثر میکروارگانیسم‌ها بر آن افزایش یافته است.

گتاچیو و همکاران (۲۰۰۲) میزان گاز تولیدی را برای ۲۴ ساعت انکوباسیون برای کنجاله‌ی سوبا ۲۳۳ میلی‌لیتر گاز در هر گرم ماده‌ی خشک گزارش نمودند که با میزان گاز تولیدی دانه‌ی گلرنگ حرارت‌دیده مطابقت دارد.

جدول ۶- حجم گاز تولیدی ضایعات دانه‌ی گلرنگ خام و فراوری‌شده با حرارت در زمان‌های مختلف انکوباسیون و فراسنجه‌های آن

دانه‌ی گلرنگ	ساعات انکوباسون											
	۲	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۴	۳۶	۴۸	۷۲	a+b	c
خام	۸/۹۳ ^b	۴۷/۵۱	۶۷/۰۴ ^b	۷۴/۵۹ ^b	۸۳/۶۹ ^b	۹۲/۱۳ ^b	۱۱۴/۳۲ ^b	۱۲۵/۴۲ ^b	۱۴۰/۳۰ ^b	۱۶۱/۳۹ ^b	۱۵۳/۳۱ ^b	۰/۰۵۹۲
فراوری شده	۲۳/۹۸ ^a	۴۲/۴۰	۷۱/۲۶ ^a	۱۰۰/۵۷ ^a	۱۵۶/۰۷ ^a	۱۸۳/۵۹ ^a	۲۳۱/۷۷ ^a	۲۷۹/۹۴ ^a	۳۱۵/۶۸ ^a	۳۲۸/۱۲ ^a	۳۴۰/۴۹ ^a	۰/۰۵۰۹
SEM	۰/۵۳۹۱	۴/۰۵۷۲	۳/۳۸۸۷	۱/۰۸۷۶	۸/۶۴۳۲	۱۸/۲۱۴۱	۱۷/۱۳۸۶	۱۵/۹۶۴۷	۱۴/۳۵۲۱	۱۶/۰۰۴۰	۱۴/۱۴۸۲	۰/۰۰۶۴
P-Value	<۰/۰۰۰۱	۰/۴۲۳۸	۰/۴۲۸۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۷	۰/۴۰۷۳

میزان گاز تولیدی در روش Gas Production (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)

منابع

- امینی پور، ح، ر. سلامت دوست نوبر، ن. ماهری سیس، س. نجف‌یار و م. سلامت‌آذر. ۱۳۸۹. تعیین تجزیه‌پذیری دانه‌ی کامل گلرنگ رقم IL-۱۱۱ با روش کیسه‌های نایلونی. فصلنامه تخصصی علوم دامی، جلد ۳، شماره‌ی ۳: صفحه‌های ۴۳-۵۰.
- پایا، حمید. ۱۳۸۶. تعیین گوارش پذیری و ویژگی‌های تجزیه‌پذیری برخی مواد خوراکی به روش‌های *in vivo*، *in situ* و *in vitro*. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- پلنگی، و. ۱۳۸۶. تعیین خوشخوراکی و ارزش غذایی علوفه خشک یونجه در چین‌های مختلف برداشت با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه. پایان نامه کارشناسی ارشد.
- خسروی فر، ا. ۱۳۸۷. تعیین انرژی قابل متابولیسم و روند تجزیه‌پذیری کیک زیتون با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی و تولید گاز آزمایشگاهی. پایان‌نامه-ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر.
- دانش مسگران م، فتحی نسری، م ح و ولی‌زاده ر. ۱۳۸۴. ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و ناپدیدشدن شکمبه‌ای و روده‌ای پروتئین دانه‌ی کلزای خام یا حرارت‌داده شده در گوساله‌های نر هلشتاین. مجله‌ی علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۹، شماره‌ی ۱.
- شورنگ، پروین، علی نیکخواه، احمد زارع شحنة و غلامرضا رئیسعلی. ۱۳۸۷. اثرات پرتوتایی گاما بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای پروتئین کنجاله‌ی منداب. مجله‌ی علوم دامی ایران. دوره‌ی ۳۹. شماره‌ی ۱. ۱۳۷-۱۴۶.

- مافی، ح. ۱۳۸۶. گلرنگ (زراعت گیاهان صنعتی). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان.
- نجف‌نژاد، ب. ۱۳۸۵. بررسی ارزش غذایی شبدر و برخی مواد متراکم فرآوری شده به روش‌های *in situ*، *in vitro* و *gas production*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم دامی. دانشگاه بوعلی سینا.
- نجفی‌یار، س. ۱۳۸۸. برآورد انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم روده‌ای دانه‌ی کامل عمل‌آوری شده گلرنگ با روش‌های تولید گاز آزمایشگاهی و آنزیمی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر.
- Alizadeh R., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, H. R. Rahmani, A. Nikkhah. 2011. Safflower seeds in corn silage and alfalfa hay based early lactation diets: a practice within an optimum forage choice *Animal Feed Science and Technology*. 155:18–24.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC international. AOAC international. Maryland, USA.
- Bach A., Stern M. D., Merchen N. R. and Drackley J. K. 1998. Evaluation of selected mathematical approaches to the kinetics of protein degradation. *Journal of Animal Science*. 76:2885-2893.
- Baldwin, D.R. and L.O. Ely. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*. 49:1085-1095.
- Devendra, C., and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Animal Production*. 19: 67.
- Dhanao, M. S., J. France, R. C. Siddons, S. Lopez, and J. G. Buchanan smith. 1995. A non-linear compartmental model to describe for age degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. *British Journal of Nutrition*. 73: 3-15.
- Fathi Nasri M. H., Danesh Mesgaran M., France J., Cant J. P., and Kebreab E. 2006. Evaluation of Models to Describe Ruminant Degradation Kinetics from In Situ Ruminant Incubation of Whole Soybeans. *Journal of Dairy Science*. 89:3087–3095.
- Fedorak, P.M., and S.E. Hrudehy, 1983. A Simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environmental Technology letter*. 4: 425-435.
- Forbs, J. M., and J. France. 1996. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB International. Wallingford. UK.
- Fox D. G., Sniffen C. J., O'Connor J. D., Russell J. B. and Van Soest P. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science*. 70:3578-3596.
- France, J., Thornley, J.H.M., Lopez, S., Siddons, R.C., Dhanao, M.S., Van Soest, P.J., Gill, M., 1990. On the two-compartment model for estimating extent of feed degradation in the rumen. *Journal of Theoretical Biology*. 146, 269–287.
- Lopez S., France J., Dhanao M. S., Mould F. and Dijkstra J. 1999. Comparison of mathematical models to describe disappearance curves obtained using the polyester bag technique for incubating feeds in the rumen. *Journal of Animal Science*. 77:1875-1888.
- Mertens, D. R. and L. O. Ely. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*. 49: 1085-1095.
- Mertens, D. R., and J. R. Lofton. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro *Journal of Dairy Science*. 63:1437-1446
- Milis, Ch., Liamadis, D., Karatzias, Ch. and Abas, Z. 2006. Nitrogen In vivo digestibility and in situ degradability data for estimation of lower tract N digestibility with or without corection for microbial contamination. *J. Small Ruminant Research*.
- Waltz, D. M., M. D. Stern. 1989. Evaluation of various methods for protecting soybean protein from degradation by rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology*. 25: 111-122.
- Woods, V. B., O'Mara, F. P. and Moloney, A. P. 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. part I: In situ ruminal degradability of dry matter and organic matter. *Animal Feed Science and Technology*. 110: 131-143.