٢٢٠١٩٠٢ـ ١٤٤٠٣٨

دانشکده کشاورزی

گروه علوم دامی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی علوم دامی گرایش غذا و تغذیه دام

عنوان:

تعیین گوارش پذیری دانه جو فرآوری شده با بخار آب و بررسی تاثیر آن بر تولید گاوهای شیرده هلشتاین

استادان راهنما :

دکتر اکبرتقی زاده

دکتر غلامعلی مقدم

استاد مشاور:

دکتر حسین جانمحمدی

پژوهشگر :

احسان پرند

۱۳۸۹/۷/۳

بهمن ۱۳۸۸

شماره:

۱۴۲۰۳۸

نام خانوادگی: **پرند** نام: **احسان**

عنوان پایان نامه: **تعیین گوارش پذیری دانه جو فرآوری شده با بخار آب و بررسی تاثیر آن بر تولید گاوهای شیرده هلشتاین**

استادان راهنما: **دکتراکبرتقی زاده و دکتر غلامعلی مقدم** استاد مشاور: **دکتر حسین جانمحمدی**

مقطع تحصیلی : **کارشناسی ارشد** رشته: **علوم دامی** گرایش: **غذا و تغذیه دام**

دانشگاه: **تبریز** دانشکده : **کشاورزی** گروه: **علوم دامی**

تاریخ فارغ التحصیلی: تعداد صفحه:

کلید واژه ها: **تولید شیر، دانه جو، فرآوری، *in situ***

چکیده: هدف از انجام این تحقیق مقایسه روش های مختلف فرآوری دانه جو با روشهای ***in situ*** و ***in vitro*** و همچنین تعیین گوارش پذیری دانه جو فرآوری شده با بخار آب و بررسی تاثیر آن بر تولید گاوهای شیرده هلشتاین بود. چهار فرآوری آسیاب کردن دانه ها، استفاده از اشعه میکروویو، تف دادن دانه ها و پرک کردن دانه ها بخار در آزمایشات ***in vitro*** و ***in situ***مورد بررسی قرار گرفتند. میزان. ماده خشک، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی سلولز دانه جو استفاده شده در این تحقیق به ترتیب ۹۳/۰۸، ۱۳/۶۱، ۱۳/۲ و ۶/۷ درصد بود. در بخش ***in vitro*** بیشترین میزان تولید گاز به صورت میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک مربوط به فرآوری میکروویو و کمترین آن مربوط به فرآوری پرک کردن همراه با بخار بود. در بخش ***in situ*** در طی ساعات ۲مختلف پس از انکوباسیون شکمبه‌ای، دانه جو فرآوری شده با اشعه میکروویو بیشترین میزان تجزیه‌پذیری و دانه جو پرک شده با بخار کمترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک و دانه جو فرآوری شده با اشعه میکروویو به بیشترین میزان تجزیه-پذیری پروتئین خام و دانه جو پرک شده همراه با بخار کمترین میزان تجزیه پذیری را دارا بودند. از آن جا که مهمترین مشکلات در ارتباط با مصرف دانه جو آسیاب شده در جیره ها مشکلات ناشی از تخمیر سریع کربوهیدرات ها، افت pH ، اسیدوز، لنگش و سایر ناهنجاری های متابولیسمی مرتبط با این مطلب است، بر اساس نتایج آزمایشات در بخش های ***in vitro*** و ***in situ*** فرآوری پرک کردن همراه با بخار برای بررسی در آزمایش تولیدی انتخاب گردید. برای بررسی تاثیر جایگزینی دانه جو آسیاب شده با دانه پرک شده با بخار بر تولید و خصوصیات خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین از ۱۲ راس گاو شیرده نژاد هلشتاین که در فاصله ۹۰ تا ۱۲۰ روز از زایش قرار داشتند به شکل کاملا تصادفی به دو گروه آزمایشی تقسیم شدند و مقایسه میانگین های این دو گروه به وسیله آزمون تی استیودنت انجام شد. در مطالعه حاضر هیچ یک از ترکیبات و همچنین میزان تولید شیر تحت تاثیر فرآوری ها قرار نگرفت اما پرک کردن دانه جو همراه با بخار باعث کاهش تولید میزان کل اسیدهای چرب فرار در شکمبه و متعاقب آن افزایش میزان pH شکمبه و همچنین افزایش گلوکز خون به شکل معنی دار شده است.

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه ٦

فصل دوم- بررسی منابع ٨

١-١- معرفی دانه جو ٨

١-٢- خصوصیات هضم پذیری دانه جو ٨

١-٣- دانه جو و اهمیت آن در تغذیه دام ٩

١-٤- روش های مختلف فرآوری غلات ١٢

١-٥- تقسیم بندی پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان ..... Error! Bookmark not defined.

١-٦- بررسی خصوصیات نشاسته و پروتئین غلات و کارایی روش *in situ* در ارزیابی روند هضم آن در نشخوار کنندگان Error! Bookmark not defined.

١-٧- عوامل تاثیر گذار بر روند آزمایشات *In situ* ..... Error! Bookmark not defined.

١-٧-١- گونه حیوان ..... Error! Bookmark not defined.

١-٧-٢- تأثیر سطوح خوراک مصرفی و نسبت علوفه به کنسانتره در نتایج روش *in situ* ..... Error! Bookmark not defined.

١-٧-٣- تأثیر آلودگی میکروبی شکمبه در نتایج روش *in situ* ..... Error! Bookmark not defined.

١-٧-٤- تأثیر اندازه ذرات بر روی تجزیه‌پذیری مواد مغذی در روش *in situ* ..... Error! Bookmark not defined.

١-٨- بررسی روند تغییرات هضم دانهٔ غلات در روش تولید گاز ..... Error! Bookmark not defined.

١-٩- عوامل تاثیر گذار در روند آزمایشات *in vitro* ..... Error! Bookmark not defined.

١-٩-١- زمان نمونه برداری از شکمبه یا زمان جمع آوری مایع شکمبه ..... Error! Bookmark not defined.

١-٩-٢- تفاوت گونه حیوانات دهندهٔ مایع شکمبه ..... Error! Bookmark not defined.

١-٩-٣- طول مدت زمان ذخیره مایع شکمبه ..... Error! Bookmark not defined.

١-٩-٤- تکرارپذیری تکنیک تولید گاز ..... Error! Bookmark not defined.

١-١٠- رابطه بین روش های مختلف ارزیابی خوراک ها با روش *in vivo* ..... Error! Bookmark not defined.

١-١١- آزمایشات تولید به عنوان بخشی از آزمایشات Invivo ..... Error! Bookmark not defined.

فصل سوم- مواد و روشها ١٥

٢-١- محل انجام آزمایش و دامهای مورد استفاده ١٥

٢-٢- بررسی تاثیر فرآوری دانه جو بر میزان تولید و پارامتر های خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین (*in vivo*) ١٥

٢-٢-١- فرآوریها ١٦

٢-٢-٢-جیره‌های غذایی و مواد خوراکی مورد استفاده ١٦

٢-٢-٣- تعیین میزان تولید شیر و ترکیب آن ١٧

٢-٢-٤-تعیین ترکیبات خون و مایع شکمبه ١٨

٢-٢-٥-مقایسه میانگین ها ١٨

٢-٣- برآورد تجزیه پذیری به روش *in situ* ١٨

٢-٤- روش آماری برای تجزیه و تحلیل روش *in situ* ١٩

٢-٥- اندازهگیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی ١٩

٢-٦-مدل آماری مورد استفاده در روش تولید گاز ٢٠

٢-٨- تخمین پارامترهای مربوط به پروتئین قابل متابولیسم ٢٠

٢-٨-١- پروتئین قابل تجزیه سریع ٢٠

۲-۸-۲-پروتئین هایی که بطور آهسته تجزیه می شوند ۲۰
۲-۸-۳-پروتئین قابل تجزیه موثر در شکمبه ۲۰
۲-۸-٤- پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم ۲۰
۲-۸-٥- پروتئین قابل متابولیسم ۲۱
۲-۹- انرژی قابل متابولیسم ۲۱
فصل چهارم- نتایج و بحث ۲۲
۳-۱- نتایج و بحث ۲۲
۳-۲- تاثیر فرآوری دانه جو بر میزان تولید و پارامتر های خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین ۲۳
۳-۳- اندازه گیری گاز تولیدی توسط خوراکهای مورد آزمایش (Gas production) ۲٦
۳-٤- ناپدید شدن مواد خوراکی به روش *in situ* ۳۱
۳-٤-۱- ناپدید شدن ماده خشک خوراکهای مورد آزمایش با روش کیسههای نایلونی ۳۱
۳-٥- روابط رگرسیونی بین درصد ناپدید شدن ماده خشک و درصد ناپدید شدن پروتئین خام مواد خوراکی ٤۰
۳-٦- پروتئین قابل متابولیسم ٤۱
۳-۷- مقایسه ضرایب تجزیه پذیری ٤۱
فصل پنجم-پیشنهادات ٤۳
فصل هفتم- منابع مورد استفاده ٤٤

فصل اول- مقدمه

به دلیل افزایش روز افزون جمعیت از یک سو و نبود منابع کافی از سوی دیگر همراه با افزایش تقاضا برای تولید غذا، نیاز به اتخاذ تدابیر جدید در مورد تولیدات حیوانی وجود دارد. از آنجا که خوراک بخش مهمی از هر سیستم تولید را تشکیل می دهد، درک تاثیرات کیفیت خوراک با توجه به تاثیر آن در تولید حیوان و محیط لازم مینماید. گرچه اساس کیفیت خوراک در ابتدا به ترکیبات و قابلیت هضم خوراک بر می گردد، لیکن لزوم داشتن اطلاعات کافی در مورد فیزیولوژی دستگاه گوارش و تاثیر عواملی مانند فرآوری های مختلف خوراک ها را نبایستی از نظر دور داشت. ارزش واقعی خوراکها در عمل وابستگی زیادی به ماهیت ، شکل و نحوه تغذیه آنها دارد و بدون توجه به این نکته تخمین واقعی از ارزش خورکها ممکن نیست و امکان تولید بیشتر و مقرون به صرفه وهمچنین تنظیم جیره های مناسب و تعیین مقادیر کافی و به اندازه از خوراکها در جیره نیز ناممکن مینماید.

دانه جو به لحاظ محتوی مناسب انرژی و پروتئین در تغذیه دام مورد توجه است و فرآوری دانه جو برای حد اکثر کردن قابلیت استفاده از آن برای دام های شیرده و همچنین پرواری مد نظر است . دانه کامل به علت داشتن پریکارپ نسبت به هضم شکمبه ای مقاوم است و علاوه بر آن بوسیله یک پوشش فیبری با قابلیت هضم پایین احاطه شده است و بر خلاف دانه ذرت بر اثر جویده شدن آسیب عمده ای نمی بیند ومیزان زیادی از آن دفع خواهد شد ، ولی در صورت شکسته شدن بعلت اینکه ماتریکس پروتئینی جو محلول تر از ذرت است قابلیت نفوذ بهتری را برای باکتریها فراهم میکند. همچنین اعمال این فراوریها با توجه به تغییر در محل و کینتیک هضم، خصوصاً در مورد دامهای شیرده تاثیرات قابل توجهی بر تولید و همچنین ترکیبات خون، شیر و مایع شکمبه به جا میگذارد. برای شکستن پریکارپ دانه و افزایش قابلیت هضم آن روشهای فراوری مختلفی در مورد دانه جو اعمال میگردند که هرکدام نیازمند شرایط خاص و دارای اثرات متفاوتی هستند. تعیین کارایی روشهای فراوری در شرایط بومی میتواند در انتخاب روشی مناسب باشرایط موجود و مزایای احتمالی راهگشا بوده ومنجر به افزایش بهره وری خوراک و در نتیجه کاهش هزینه های تولید و در نهایت کاهش خروج ارز برای واردات میزان مورد بیش از تولید داخلی گردد. به کمک تجزیه ترکیبات شیمیایی خوراک می توان ارزش بالقوه یک خوراک را از نظر تأمین مواد مغذی که در اختیار حیوان قرار می دهد سنجید و از اطلاعات بدست آمده از تجزیه شیمیایی خوراکها جهت تنظیم جیره غذایی دامها استفاده کرد.

ارزش حقیقی یک غذا تنها پس از کسر مقادیری که خواه، ناخواه در حین اعمال هضم، جذب و متابولیسم به هدر می رود بدست می آید. بررسی تاثیر تغذیه یک خوراک بر تولید محصول نهایی در دام را می توان دقیق ترین برآورد از تاثیرات تغذیه در شرایط عملی و واقعی در دام زنده بر روند تولید محصول نهایی قلمداد کرد که از لحاظ عملی، نظری و اقتصادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. همچنین برآورد قابلیت هضم یک خوراک به روش های معمول ابزاری مناسب جهت شناخت تبعات تغذیه یک خوراک به دام به شمار می آید. اندازه گیری قابلیت هضم شامل روش آزمایش برروی حیوان زنده (*in vivo*) و روش آزمایشگاهی (*in vitro*) می باشد. اندازه گیری قابلیت هضم با استفاده از حیوان زنده با اینکه اطلاعات دقیقی ارائه می دهد ولی وقت گیر بوده و به مقدار زیادی مواد خوراکی نیاز دارد و همچنین دارای هزینه بالایی نیز می باشد. لذا ترجیح داده می شود که قابلیت هضم را به روش آزمایشگاهی اندازه گیری و گزارش شود.

فصل دوم- بررسی منابع

۱-۱- معرفی دانه جو

دانه جو (*Hordeum vulgare*) دانه غله یک ساله ای است که عمدتا به عنوان غذا برای حیوانات و در مقیاس کوچکتر برای تغذیه انسانها ، تهیه نوشیدنیها و در موارد صنعتی مورد استفاده قرار میگیرد و جزء اولین غلاتی است که اهلی شده است. دانه های غلات مواد متراکم کربوهیدراته می باشند و نشاسته ترکیب اصلی ماده خشک آنها را تشکیل می دهد که عمدتا در آندوسپرم انباشته می شود ماده خشک آنها یا توجه به فن برداشت و شرایط ذخیره متفاوت است ولی به طور کلی در حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می باشد. ۹۰ - ۸۵ درصد ترکیبات نیتروژنه موجود در آنها به صورت پروتئین است (گلیان و سالار معینی، ۱۳۷۸) . پروتئین غلات از جمله دانه جو از نظر بعضی از اسیدآمینه های ضروری مخصوصا لیزین و متیونین دارای کمبود می باشد و مقدار لیپید غلات نیز متغیّر است. روغن غلات غیر اشباع و اسیدهای چرب عمده آن شامل اسید لینولنیک و اسید اولئیک می باشد. دانه جو غله ای با انرژی و پروتئین متوسط می باشد که از نظر مواد مغذی بیشتر بین یولاف و گندم قرار دارد. در اغلب واریته های جو ، مغز دانه توسط پوشینه ای احاطه شده که ۱۰ تا ١٤ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد. میانگین مقدار پروتئین خام دانه جو در حدود ۱۲ درصد ماده خشک می باشد که کیفیت آن پایین بوده و ار نظر اسید آمینه لایزین دارای کمبود می باشد. مقدار لیپید جو نیز در حدود ۲/۵ درصد ماده خشک می باشد (صوفی‌سیاوش و جانمحمدی، ۱۳۷۹) . در بیشتر مناطق دنیا دانه جو بخش اصلی کنسانتره را در جیره نشخوار کنندگان تشکیل می-دهد. در سیستم تغذیه ای (پرواربندی با دانه جو) گاوهای گوشتی با جیره ای حاوی ۸۵ درصد دانه جو له شده بدون استفاده از مواد خشبی تغذیه می شوند در این سیستم دانه جو را به نحوی له می کنند که غشای دانه باقی مانده، ولی آندوسپرم آن هویدا باشد بهترین نتیجه زمانی بدست می‌آید که دانه جو را با رطوبت ١٦ تا ۱۸ درصد از میان غلتک ها عبور دهند. انبار نمودن دانه‌های جو با رطوبت بالا به علت خطر کپک زدگی خالی از اشکال نیست به جهت اطمینان، از مواد بازدارنده رشد کپک همانند اسید پروپیونیک استفاده می شود. در صورت تغذیه زیاد و ناگهانی مواد کنسانتره‌ای غنی از غلات در نشخوارکنندگان خطر بروز اسیدوز وجود دارد و در استفاده از غلات باید از مکمل‌های پروتئینی همراه با ویتامین‌های A و D و مواد معدنی نیز استفاده شود (نیکخواه و امانلو، ۱۳۷۱) .

۱-۲- خصوصیات هضم پذیری دانه جو

تقی زاده و همکاران در سال ۱۳۷۸ میزان قابلیت هضم و تجزیه پذیری دانه جو را بررسی کرده و قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم پروتئین خام آن را با استفاده از روش *in vivo* به ترتیب ٩٦٪ و ۸۷٪ گزارش کردند. در این تحقیق میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه جو را در ٤٨ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۷۳٪ و ۷۱/۸٪ برآورد کردند. Woods و همکاران (۲۰۰۲) میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه جو را با استفاده از روش *in situ* در ٤٨ ساعت انکوباسیون شکمبه ای به ترتیب ۸۹/۹٪ و ٩٥/٤٪ گزارش کرد. Woods و همکاران (۲۰۰۳a) ضرایب تجزیه پذیری ماده خشک جو در شکمبه را بصورت a=٪۲۷/۹۲، b=٪٦۰/۰٦ و c=۰/۵۵ درصد در ساعت گزارش کردند. همچنین Woodsو همکاران (۲۰۰۳b) ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام در شکمبه را بصورت a=٪۲۹/٦۱، b=٪٦۳/۲۲ و c=۰/۳٤ درصد در ساعت گزارش کردند. تقی زاده و همکاران (۱۳۸۰) با استفاده از روش *in situ* ضرایب تجزیه پذیری دانه جو را برای ماده خشک a=٪۱٤، b=٪۷۸ و c=۲/۱

درصد در ساعت و برای پروتئین خام a=٪۱٤، b=٪۷۸ و c=۲/۱ درصد در ساعت گزارش کردند. میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام در این آزمایش در ٤۸ ساعت انکوباسیون ٦۹٪ و ٦۸٪ بدست آمد. تقی زاده و همکاران (۱۳۸۲) میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام را برای دانه جو در ۹٦ ساعت انکوباسیون به ترتیب ۹۲٪ و ۹۲٪ گزارش کردند. در این تحقیق ثابت نرخ هضم پروتئین دانه جو کمتر از میزان این نرخ، در جداول NRC ، ۲۰۰۱ می باشد. کریمی و همکاران (۱۳۸۱) ضرایب تجزیه پذیری بدست آمده با روش ***in situ*** را با ضرایب تجزیه پذیری موجود در جداول AFRC مقایسه کردند در این تحقیق ضرایب بدست آمده بصورت a=٪٦۲، b=٪۲۰ و c=۰/۰٦ درصد در ساعت و ضرایب موجود در جداول AFRC بصورت a=٪۳۳، b=٪٦۰ و c=۰/۰٦ درصد در ساعت گزارش شده است. عبدلی (۱۳۸۳) میزان گاز تولید شده برای دانه جو در ۹٦ ساعت انکوباسیون را ۲۹٤/۲ میلی لیتر در هر گرم ماده خشک گزارش کرده است. نعمتی و همکاران (۲۰۰٦) میزان گاز تولیدی دانه جو در ٤۸ ساعت انکوباسیون را ۲۸٤/٦ میلی لیتر در گرم ماده خشک گزارش کردند. دانش مسگران (۲۰۰۳) میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه جو را در ۱۲ ساعت انکوباسیون به ترتیب ٦۳٪ و ٥٦٪ گزارش کرد. تقی زاده (۱۳۷٥) ، Woods و همکاران (a ۲۰۰۳) و MAFF (۱۹۹۰) میزان قابلیت هضم ماده آلی دانه جو را با استفاده از روش حیوان زنده به ترتیب ۹۳٪، ۸۳/۳۲٪و ۸٦٪ گزارش کرده اند. تقی زاده و همکاران (۱۳۷۸) میزان قابلیت هضم ماده آلی دانه جو را با روش آزمایشگاهی ۹٥/۰۱٪ گزارش کرده اند.

۱-۳- دانه جو و اهمیت آن در تغذیه دام

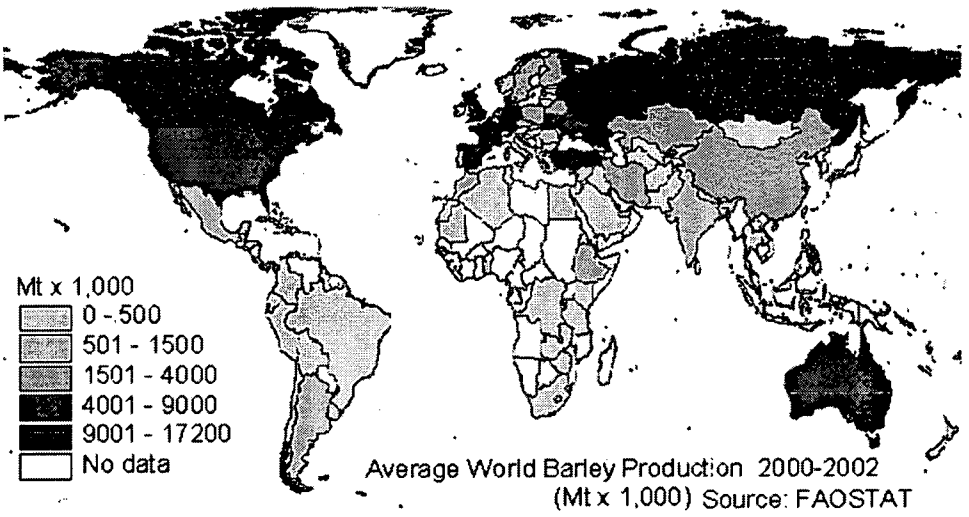
در روش های مرسوم طبقه بندی خوراک ها عموما به دو دسته علوفه و کنسانتره تقسیم می شوند. علوفه معمولا به خوراک هایی اطلاق می شود که دارای فیبر بالا و انرژی پایین هستند و انواع علوفه بقولات، گراسها، سیلوها و کاه ها را شامل میشوند. کنسانتره ها معمولا خوراک هایی هستند که دارای فیبر کم و انرژی یا پروتئین بالا هستند و دانه های مختلف، پودر گوشت و ماهی و کنجاله ها در این دسته قرار میگیرند. از این میان غلات به عنوان منبع مناسبی از انرژی سریع الهضم به شمار می روند و دانه جو به عنوان منبع کربوهیدرات سهل الهضم جایگاه ویژه ای دارد. در سال ۲۰۰٥ دانه جو از نظر میزان تولید وسطح زیر کشت غلات مقام چهارم را به خود اختصاص داد (٦٥۰۰۰ کیلومتر مربع) .

جدول ۱-۱-خصوصیات تولید و واردات دانه جو در فاصله سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ (منبع: فائو)

سال	تولید (تن)	میزان تولید (Hg/Ha)	مساحت زیر کشت (Ha)	میزان واردات (تن)	ارزش واردات (۱۰۰۰ $)
۲۰۰۲	۳۰۸٥۰۰۰	۱۸٤۷۳	۱٦۷۰۰۰۰	۲۰٤۰٦۱	۲٤۱٤٤
۲۰۰۳	۲۹۰۸۰۷٤	۱۹۲٥۷	۱٥۱۰۱۲۸	٦۳۷٤	۹۸۰
۲۰۰٤	۲۹٤۰۳٤۹	۱۸۳۷۳	۱٦۰۰۲۷۹	۱۰۱۲٥۸۳	۱۳۸۳٥۱
۲۰۰٥	۲۸٥٦٦٦۷	۱۷۲۱۷	۱٦٥۹۱۷۰	۱۰۹٤۷۹۳	۱۷۸۰۱۹
۲۰۰٦	۲۹٥٦۰۳۲	۱۸۸٥۸	۱۷٦۷٤٥٤	۳۰٦۸۸۲	۳۷۱٦۲
۲۰۰۷	۳۰۰۰۰۰۰	۱۷٦٤۷	۱۷۰۰۰۰۰	۲۰۹۱٦۱	٤۹۳٥۷

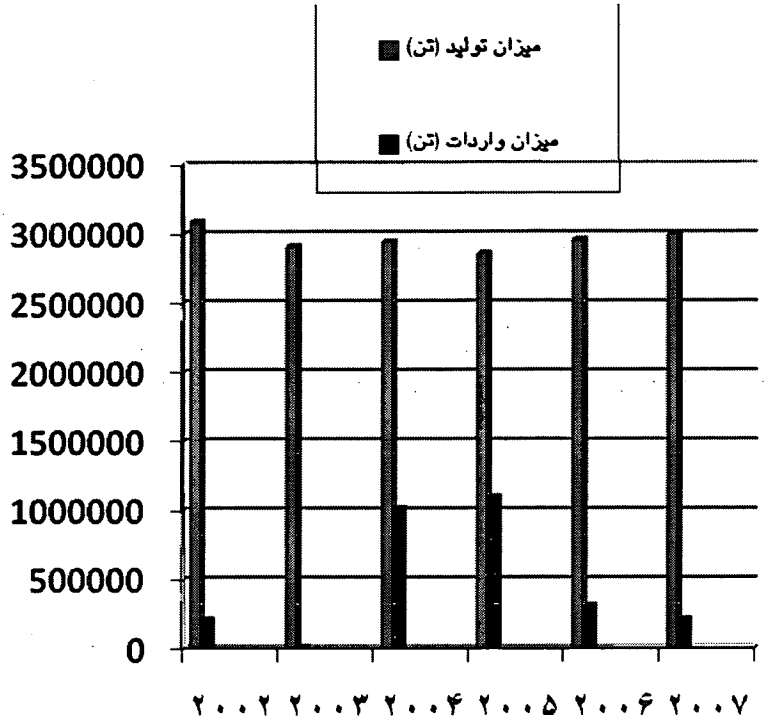
شکل اهلی شده دانه جو (*H. vulgare*) از نوع وحشی آن (*H. spontaneum*) مشتق شده و هردو آنها دیپلوئید (۲n =٤۱) هستند. در سال ۲۰۰٥ در حدود ۱۰۰ کشور در سرتاسر دنیا به کاشت جو پرداخته اند و به گزارش FAO در سال ۲۰۰٥ کشور ما در محدوده متوسطی از نظر تولید جو قرار دارد و میزان قابل توجهی از این

دانه راتولید میکند . در فاصله بین سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ تولید جهانی جو در حدود ۱۳۵ میلیون تن به ۱۴۷ میلیون تن افزایش می‌یابد.



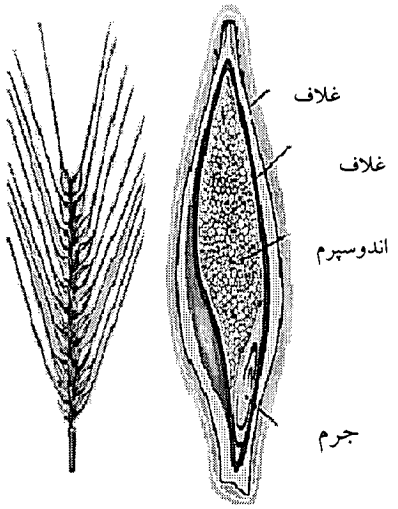
شکل ۱-۱- تولید جهانی دانه جو در فاصله سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۲ (منبع: فائو)

مصرف سالانه جو در ایران در حدود ۳/۵ تا ٤ میلیون تن در سال است. در سال ۲۰۰۷ بیش از ۳/۵ میلیون تن جو در ایران تولید شده بود اما این رقم به ۲/۸ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ کاهش پیدا کرد. بر اساس پیش بینی فائو تولید جو در ایران نیز طی سال زراعی جاری ۳۰۰ هزار تن افزایش خواهد یافت و از ۱/۹ میلیون تن به ۲/۲ میلیون تن خواهد رسید. میزان واردات جو از ٤۰۰ هزار تن در سال قبل به یک میلیون تن در سال جاری می رسد. واردات جو درسال ۱۳۸٦، ۱۹٦ هزار تن و در پنج ماهه اول سال ۸۷ به ۲۷۰هزار تن می رسد جو طی سال ۸۷ از نظر ارزش بالغ بر ٥٤۸ درصد و از نظر وزن معادل ٥۷۸ درصد رشد داشته است و در مجموع طی سال ۸۷ بیش از ٤٤۸ میلیون دلار یا معادل۳/۱ میلیون تن جو وارد کشور شده است. گرچه در محدوده سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸٥ تولید داخلی جو جوابگوی نیاز مصرفی بوده است و واردات جو نزدیک به صفر گزارش شده است، کاهش قیمت خرید تضمینی جو نسبت به گندم باعث کاهش کاشت جو در ایران گردیده است.



شکل۱-۲- واردات و تولید دانه جو در ایران در فاصله سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ (منبع: فائو)

در کشورمان دانه جو به صورت گسترده ای بعنوان منبع انرژی و کربوهیدرات سهل الهضم در جیره های نشخوارکنندگان و به خصوص گاو شیری به شکل گسترده ای مورد استفاده قرار میگیرد. دانه جو به لحاظ محتوی مناسب انرژی و پروتئین در مصارف دامی مورد توجه است و فرآوری دانه جو برای حد اکثر کردن قابلیت استفاده از آن برای دام شیری و همچنین پرواری مد نظر است . دانه کامل به علت داشتن پریکارپ نسبت به هضم شکمبه ای مقاوم است و علاوه بر آن بوسیله یک پوشش فیبری با قابلیت هضم پایین احاطه شده است و بر خلاف دانه ذرت بر اثر جویده شدن آسیب عمده ای نمی بیند و میزان زیادی از آن دفع خواهد شد ، ولی در صورت شکسته شدن بعلت اینکه ماتریکس پروتئینی جو محلول تر از ذرت است قابلیت نفوذ بهتری را برای باکتریها فراهم میکند. همچنین اعمال این فراوریها با توجه به تغییر در محل و کینتیک هضم، خصوصا در مورد دامهای شیروار تاثیرات قابل توجهی بر تولید و همچنین خصوصیات خون، شیر و مایع شکمبه به جا میگذارد. برای شکستن پریکارپ دانه و افزایش قابلیت هضم آن روشهای فراوری مختلفی در مورد دانه جو اعمال میگردند که هرکدام نیازمند شرایط خاص و دارای اثرات متفاوتی‌هستند.



شکل-۱-۳- نمایی از دانه جو و لایه های در بر گیرنده آن.

۱-٤- روش های مختلف فرآوری غلات

خصوصیات هضمی هر خوراک در درجه اول وابسته به خصوصیات ذاتی آن خوراک است. اگر نگاهی به ساختمان دانه جو داشته باشیم دیده می شود که دانه کامل به علت داشتن پریکارپ نسبت به هضم شکمبه ای مقاوم است و علاوه بر آن بوسیله یک پوشش فیبری با قابلیت هضم پایین احاطه شده است و بر خلاف دانه ذرت بر اثر جویده شدن آسیب عمده ای نمی بیند ومیزان زیادی از آن دفع خواهد شد ، ولی در صورت شکسته شدن بعلت اینکه ماتریکس پروتئینی جو محلول تر از ذرت است قابلیت نفوذ بهتری را برای باکتریها فراهم میکند. فرآوریها عمدتا به دو دلیل انجام میشوند:

۱- دلایل فیزیکی: عموما برای شکستن لایه های غیر قابل هضم خارجی دانه ها و افزایش دسترسی آنزیم های هضم کننده به بخش های درونی تر دانه ها.
۲- دلایل شیمیایی: گرمای موجود در بسیاری از روش های فرآوری و همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده در برخی روش ها باعث تغییر در خواص شیمیایی مواد موجود در دانه ها و تغییر خصوصیات هضمی آنها می گردد.

انتخاب یک روش از میان روش های فرآوری موجود بستگی به روش مدیریتی، خوراک مورد استفاده، هزینه های لوازم و تاسیسات مورد نیاز برای یک فرآوری و منافع اقتصادی ناشی از استفاده از آن فرآوری دارد. فرآوری های مورد استفاده برای دانه ها را در یک دیدگاه کلی به صورت زیر تقسیم بندی میکنند:

۱: **Cold physical processing** (فرآیند های فیزیکی سرد) شامل فرایند هایی مثل Grinding (آسیاب کردن) ، Dry rolling (غلطک زدن خشک) و Tempering (افزودن آب) .

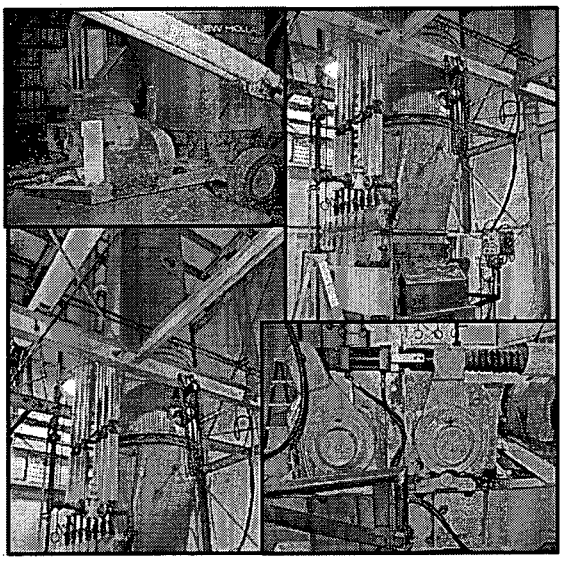
۲ : **(Hot physical processing** (فرآیندهای فیزیکی گرم) مثل فرآیندهای Steam rolling ، Steam flaking (پرک کردن با بخار) ، Pelleting ، Roasting (تف دادن) و غیره.

۳: **(Chemical processing** (فرآوری شیمیایی) با موادی مثل: Sodium hydroxide، Ammonia/urea، Aldehydesو غیره.

Enzymatic processing:٤ (فرآوری آنزیمی) که عموما بوسیله آنزیمهای هاضم فیبر وسایر مواد غیرقابل هضم انجام می شود تقسیم میشوند.

البته فرآوریهای دیگری نیز در مورد دانه جو انجام میشوند که یا ترکیبی از فرآوریهای فوق هستند ویا مثل microwave میتوان آنها را در یکی از گروههای بالا جای داد. در dry rolling که نمونه ای از فرآوریهای سرد است به طور مثال Boss & Bowman (۱۹۹٦) نشان داده اند که جریان روزانه ماده آلی از شکمبه به شیردان افزایش پیدا میکند که ناشی از هضم ماده آلی شکمبه ای کمتر در جو است. Mc Alister و همکاران در سال 1993 گزارش کرده اند که شبکه پروتئینی که دانه های نشاسته را در بر گرفته است باعث کاهش اتصال میکروبی و هضم در ذرت نسبت به جو می شود و از آنجا که نیتروژن غذا در ذرت تجزیه پذیری کمتری نشان داده است و کل نیتروژن نیز تجزیه پذیری پس از شکمبه ای کمتری دارد ممکن است شبکه پروتئینی اطراف نشاسته باعث مقاومت نسبت به هضم پذیری در روده کوچک نیز باشد. dry rolling با شکستن پریکارپ دانه باعث دسترسی به ماتریکس پروتئینی می شود که در دانه جو بسیار محلول تر از ذرت است و هضم نشاسته را افزایش میدهد در نتیجه در مطالعات *in situ* درصد ناپدید شدن ماده خشک ونشاسته که در چندین واریته جو نسبت به ذرت بررسی شده افزایش یافته و میزان pH در شکمبه کاهش پیدا میکند. Microwave processing نوع جدیدی از فرآوری است که با افزایش 20% محتوی رطوبت دانه و اعمال حرارت توسط اشعه مایکروویو برای مدتهای مشخص انجام میگیرد. به امواج الکترومغناطیسی با طول موج کمتر از امواج رادیویی و بیشتر از امواج فروسرخ، ریزموج گفته می‌شود. طول موج ریزموج‌ها تقریباً بین ۱ میلی‌متر (متناظر با بسامد ۳۰۰ گیگاهرتز) تا ۳۰ سانتیمتر (متناظر با بسامد ۱ گیگاهرتز) است. البته بر روی این مرزهای این تعریف، اتفاق نظر نیست و برخی آن را از ۳/۰ میلی‌متر در نظر می‌گیرند. اعمال این امواج بر روی دانه ها باعث افزایش دمای آن میگردد و این فرآوری را میتوان نوعی از roasting به شمار آورد گرچه در حین انجام آن محتوی رطوبت دانه افزایش میآبد. Sadeghi & Shawrang (۲۰۰۷) نشان داده اند که این فرآوری باعث افزایش بخش a و کاهش اندازه بخش b و کاهش نرخ تجزیه پذیری نشاسته شده است که ممکن است به دلیل ژلاتینه شدن باشد وکاهش نرخ تجزیه پذیری بعلت سهل الهضم شدن بخشی از b و در نتیجه باقی ماندن بخش غیر قابل هضم تر در bاست. البته در اثر حرارت واکنشی بنام Retro gradation اتفاق میآفتد که در آن با سرد شدن نشاسته ژلاتینیزه شده ساختار ثانویه مقاومی تشکیل می شود و این واکنشهای شیمیایی میتواند توضیح دیگری برای کاهش نرخ تجزیه باشد. این فرآوری باعث افزایش بخش b و کاهش بخش a در پروتئین خام می‌شود. چندین پرولامین پلی پپتید با نامهای B، C وD هوردئین در جو وجود دارد که نوع B از دو زیر واحد اصلی با ۹۸/۲ و ۷٦ کیلو دالتون تشکیل شده است. نوع Cاز زیر واحدهایی با۳۰ تا ۷۰ کیلو دالتون تشکیل شده و زیرواحدهای نوع D کمتر از ۲۵ کیلو دالتون وزن دارند و از بین این هوردئین ها نوع C نسبت به هضم شکمبه ای مقاوم بودند و بیشترین سهم را در باقیمانده داشتند. گرمای وارد شده در این فرآوری باعث تغییرشکل پروتئین ها به شکل مقاوم در برابر آنزیمها می شود و دناتوره شدن پروتئینها بر اثر گرما باعث شکسته شدن پیوندهایی می شود که موجب پایداری ساختار ۳ بعدی پروتئین هستند و اگر گروههای هیدروفیل از بین بروند باعث کاهش حلالیت پروتئین وهمچنین کاهش تجزیه پذیری آن در شکمبه می شود. نتایج الکتروفورز بر روی SDSpage وارد شدن بخشی از a را به b تایید میکند. Prestløkken(۱۹۹۹) گزارش کرده است که اسید آمینه هایی با خاصیت هیدروفوبیک بیشتر مثل: لوسین، ایزولوسین، فنیل آلانین، متیونین، والین و آلانین تجزیه پذیری کمتری نسبت به آمینواسیدهای با خاصیت هیدروفوبیک کمتر مثل هیستیدین، آرژنین، لایزین، سیستئین، گلوتامیک اسید، گلایسین و سرین داشته اند که مؤید نظریه بالاست. دلیل افزایش بخش b میتواند دناتوره شدن و همچنین کاهش میل

هیدروفیلیک بخشی از پروتئینهای a و وارد شدن آنها به بخش b باشد. برای سنجش فرآوریهای فیزیکی میتوان ازمعیاری به نام (PI (processing index استفاده کرد که با تقسیم کردن وزن مخصوص دانه فرآوری شده به وزن مخصوص دانه کامل بدست میآید و کاهش آن نشانگر افزایش شدت فرآوری است.



شکل۱-٤-نمونه هایی از تجهیزات فرآوری دانه ها

Steam rolling در درجات مختلف به گزارش (Yang et. all 2000) باعث افزایش مصرف DM و به تبع آن افزایش مصرف پروتئین، NDF ، ADF، افزایش جریان پروتئین، میزان تولید VFA و افزایش تولید پروتئین میکروبی می شود. با توجه به میزان بیشتر مصرف پروتئین جریان آن به دئودنوم و هضم پذیری آن در کل دستگاه گوارش افزایش میابد. هضم میزان بیشتر نشاسته در شکمبه با کاهش معیار فرآوری (PI) پروپیونات بیشتری برای سنتز گلوکز فراهم میکند و باعث حفظ پروتئینها و افزایش پروتئین شیر می شود همچنین افزایش پروتئین قابل دسترس که ناشی از افزایش مصرف پروتئین است میتواند دلیل دیگری برای افزایش پروتئین شیر باشد.

فصل سوم- مواد و روشها

۲-۱- محل انجام آزمایش و دامهای مورد استفاده

کارهای مزرعه‌ای این پروژه در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی خلعت پوشان و کارهای آزمایشگاهی در ساختمان تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و واحد گاوداری مجتمع کشت و صنعت دشت آذرنگین واقع در جنوب شرقی تبریز انجام گرفت. در این تحقیق از تعداد ۱۲ راس گاو هلشتاین با متوسط وزن ۲۷±۶۲۳ کیلوگرم، با شکم زایش‌های متفاوت (با میانگین فاصله ۹۰ تا ۱۲۰ روز از زایش) برای بررسی تاثیر فرآوری دانه جو بر میزان تولید و پارامتر های خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین استفاده شد و همچنین جهت انجام آزمایشات *in situ* و *in vitro* از دو راس گوسفند نر قزل فیستوله گذاری شده استفاده گردید.

۲-۲- بررسی تاثیر فرآوری دانه جو بر میزان تولید و پارامتر های خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین (*in vivo*)

گاوهای مورد آزمایش در ابتدا به مدت ۱٤ روز دوران عادت پذیری و پیش آزمایش را گذراندند، بدین ترتیب که جیره‌های آزمایشی به تدریج در این مدت جایگزین جیره‌های قبلی شد و مدت دوره آزمایش اصلی ۷ روزبود. گاوها روزانه ۳ مرتبه با جیره‌ها کاملاً مخلوط شده تغذیه و در سه نوبت، در ساعات ۲ صبح، ۲ بعد از ظهر و ۱۰ شب شیردوشی می‌شدند و از هفته دوم آزمایش میزان شیر تولیدی روزانه در این سه نوبت ثبت می‌گردید.

این آزمایش در سه مرحله انجام شد:

- مرحله عادت پذیری حیوان با محیط و ماده خوراکی مورد آزمایش به‌مدت ۷ روز
- مرحله پیش آزمایش به مدت ۷ روز
- مرحله اصلی آزمایش به مدت ۷ روز

- مرحله عادت پذیری حیوان: در این مرحله دامها ابتدا توزین و سپس بصورت کاملا تصادفی در جایگاه-های انفرادی مربوطه قرار داده شدند. مقدار خوراک داده شده توزین و در ۳ نوبت در طول روز در اختیار دام‌ها قرار گرفت و جیره‌های آزمایشی به تدریج در این مدت جایگزین جیره‌های قبلی شد.

- مرحله پیش آزمایش: در این مرحله خوراک داده شده دقیقا توزین و در ۳ نوبت در اختیار دام‌ها قرار - گرفت و مصرف اختیاری خوراک مشخص گردید به صورتی که ۱ الی ۲ کیلوگرم خوراک در جلوی گاوها باقی بماند.

- مرحله اصلی آزمایش : در این مرحله نیز خوراک در ۳ نوبت در طول روز در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت و روز بعد قبل از نوبت خوراک صبح خوراک باقی مانده جمع‌آوری و توزین می‌شدند. گاوها روزانه ۳ مرتبه با جیره‌ها کاملاً مخلوط شده تغذیه و در سه نوبت، در ساعات ۲ صبح، ۲ بعد از ظهر و ۱۰ شب شیردوشی می‌شدند و از هفته دوم آزمایش میزان شیر تولیدی روزانه در این سه نوبت ثبت می‌گردید.

۲-۲-۱- فرآوریها

در آزمایش تولید گاز و آزمایش *In situ* اثر چهار نوع فرآوری : پرک کردن همراه با بخار، تف دادن، استفاده از اشعه میکروویو و آسیاب کردن بر روی دانه جو مورد مقایسه قرار گرفتند. تف دادن دانه ها به مدت ۱۰ دقیقه در یک ظرف چدنی دوار در درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی گراد انجام شد. برای اعمال اشعه میکروویو بعد از افزودن ۲۵٪ به محتوی رطوبت دانه ها به مدت ۳ دقیقه در یک دستگاه میکروویو خانگی بوتان مدل در معرض اشعه مایکروویو قرار گرفتند و برای آسیاب کردن دانه ها از آسیاب آزمایشگاهی و الک mm ۲ استفاده شد. در بررسی تاثیر فرآوری دانه جو بر میزان تولید و پارامتر های خونی و شکمبه ای گاوهای شیرده هلشتاین برای پرک کردن همراه با بخار، دانه ها به مدت ۳۰ دقیقه در معرض بخار قرار گرفتند و بلافاصله از بین غلطک های یک دستگاه غلطک صنعتی که هردو غلطک آن با سرعت یکسانی چرخش میکنند عبور داده شد و سپس در معرض جریان هوا خشک شدند. برای آسیاب کردن دانه ها از یک دستگاه آسیاب چکشی صنعتی استفاده شد. شاخص فرآوری دانه پرک شده همراه با بخار از تقسیم جرم حجمی دانه فرآوری شده بر جرم حجمی دانه سالم به شکل درصد به دست آمد که برابر با ۶۹/۲ درصد است.

۲-۲-۲-جیره‌های غذایی و مواد خوراکی مورد استفاده

مواد خوراکی مورد استفاده شده در این آزمایش در جدول شماره ۱ عنوان شده است. برای بررسی اثر جایگزینی جو آسیاب شده با دانه جو پرک شده با بخار، ۲ جیره آزمایشی تهیه و آماده شد (جدول شماره ۱) . جیره‌های مورد آزمایش تنها از جهت نوع فرآوری دانه جو مورد استفاده تفاوت داشتند و براساس توصیه انجمن تحقیقات ملی (NRC ۲۰۰۱) و با استفاده از نرم افزار جیره نویسی بر پایه (NRC ۲۰۰۱) تنظیم شدند. جیره‌های آزمایشی شامل دو بخش علوفه و کنسانتره بودند که به نسبت‌های تعیین شده داخل فیدر کاملاً مخلوط شده و سه نوبت در روز در اختیار گاوها قرار می گرفتند. جیره‌ها در حد اشتها و آب آشامیدنی در طول شبانه روز بصورت آزاد در اختیار گاوها قرار گرفت. ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی و مواد مغذی در جدول شماره۲- ۱ گزارش شده اند.

جدول ۲-۱: مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک جیره) *

ترکیب مواد خوراکی	جیره شماره ۱ و ۲
یونجه خشک	۱۶/۸۹
سیلوی ذرت	۲۴/۳۱
کنجاله تخم پنبه	۷/۸۵
کنجاله سویا	۱۵/۱۱
جو	۲۳/۰۰
پنبه دانه	۴/۴۷
پودر گوشت و استخوان	۱/۱۷
پودر چربی گیاهی	۰/۹۵
تفاله چغندرقند	۲/۳۴
ملاس	۱/۶۴
کربنات کلسیم	۱/۵۴
مکمل ویتامین	۰/۱۳
نمک	۰/۲۱
بی کربنات سدیم	۰/۳۷
فسفات کلسیم	۰/۰۲
مواد مغذی	
ماده خشک (درصد)	۹۱
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک)	۱/۶۶
پروتئین (درصد)	۱۶/۶
کلسیم (درصد)	۰/۷
فسفر (درصد)	۰/۴
پتاسیم (درصد)	۱/۳۷
NDF (kg/d)	۷/۸
ADF (kg/d)	۴/۰۵

۲-۲-۳- تعیین میزان تولید شیر و ترکیب آن

شیر تولیدی در وعده‌های صبح، بعد از ظهر و شب به طور روزانه اندازه‌گیری و مجموع آنها ثبت گردید. نمونه ها برای چربی، پروتئین، لاکتوز و SNF توسط دستگاه میلکواسکن (E1330 FOSS) آنالیز شدند.

۲-۲-٤-تعیین ترکیبات خون و مایع شکمبه

نمونه های مایع شکمبه و خون در روز انتهایی آزمایش و ٤ ساعت پس از تغذیه صبحگاهی تهیه شد و بلافاصله مایع شکمبه مورد نظر پس از تعیین pH و صاف شدن با پارچه توری ٤ لایه، در ظروف تیره رنگ و به صورت بی هوازی بر روی یخ به آزمایشگاه منتقل و به سرعت فریز گردید. همچنین نمونه های خون بلافاصله در۱۵۰۰ دور برای ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و سرم آنها بر روی یخ به آزمایشگاه منتقل و فریز شد. اندازه گیری نیتروژن آمونیاکی نیز با استفاده از دستگاه MARKHAM STILL در دو مرحله تقطیر و تیتراسیون انجام گرفت. در مرحله تقطیر ۲۰ میلی لیتر مایع شکمبه همراه با ۸/. گرم اکسید منیزیوم (MgO) وارد دستگاه تقطیر می شود و مایع حاصل از تقطیر را در ظرفی که حاوی ۲۰ میلی لیتر اسید بوریک ۵/. نرمال، یک قطره متیل- قرمز و یک قطره متیل- آبی بود جمع آوری و بلافاصله با اسید سولفوریک ۱/. نرمال تیتر گردید. برای تعیین میزان گلوکز خون و همچنین میزان نیتروژن اوره ای شیر و خون از کیت های آزمایشگاهی و روش اسپکتروفتومتری استفاده گردید.

۲-۲-۵-مقایسه میانگین ها

گاوها به صورت تصادفی به دو گروه(به شکلی که میانگین و واریانس در هر دو گروه تقریباً مساوی بود) تقسیم شدند و یک گروه جیره ای که دارای دانه جو آسیاب شده و گروه دیگر همان جیره را با دانه جو پرک شده با بخار دریافت کردند. داده های بدست آمده از این آزمایش در بخش مربوط به شیر که دارای هفت رکورد در طول دوره آزمایش بود توسط نرم افزار SAS با رویه MIXED مورد بررسی قرار گرفتند که مدل آن به قرار زیر بود:

$$Yi\,jk = \mu + Ti + Sij + B(T^*t) + B2i(TK)\,ik + e\,ijk$$

در این مدل Yi j مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل، Ti اثر تیمار Sij خطای تصادفی، B1 ضریب رگرسیون مشاهدات بر روی هر زمان رکورد گیری، B2i ضریب رگرسیون مشاهدات بر روی اثر متقابل تیمار و زمان رکوردگیری و e ij خطای آزمایش است. گرچه اثرات مربوط به زمان نمونه گیری در مدل منظور شده اند، به دلیل کوتاه بودن فواصل نمونه گیری و یکسان بودن شرایط در طول دوره نمونه گیری بررسی این اثرات فاقد ارزش است. همچنین خصوصیات خون و مایع شکمبه با استفاده از آزمون T-student مورد مقایسه قرار گرفتند.

۲-۳- برآورد تجزیه پذیری به روش *in situ*

دو رأس گوسفند نر نژاد قزل به وزن ۱/۵ ± ۳۸ کیلوگرم انتخاب و فیستوله گذاری گردید. جیره غذایی طبق پیشنهاد NRC (۱۹۸۵) شامل کنسانتره و علوفه بود. مقدار ۵-۳ گرم از هر ماده خوراکی داخل کیسه‌های نایلونی از جنس الیاف پلی استر مصنوعی به ابعاد ۱۲×٦ سانتی‌متر و قطر منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شد. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر کیسه‌های حاوی نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در جریان آب شیر قرار گرفتند. زمانهای انکوباسیون شامل ۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦و ٤۸ بودند. برای هر تیمار در هر ساعت ٤ تکرار تهیه شد به طوریکه برای هر ماده خوراکی درون شکمبه هر گوسفند ۲ کیسه قرار داده شدند. پس از هر ساعت انکوباسیون، کیسه‌ها را خارج کرده و کیسه‌ها را در معرض آب سرد قرار گرفتند تا زمانی که آب خارج شده کاملا شفاف گردید. پس از شستشو، کیسه‌های نایلونی به مدت ۲٤ ساعت در حرارت ٦۵ سانتی‌گراد جهت تبخیر رطوبت و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد جهت خشک شدن کامل در آون قرار داده شدند (حاتمی، ۱۳۸٤) .

پارامترهای تجزیه‌پذیری با استفاده از مدل($P=a+b(1-e^{-ct})$ محاسبه گردید. در این رابطه P درصد تجزیه-پذیری در زمان t، a عرض از مبدأ در زمان صفر، b ماده خشک نا محلول با پتانسیل تجزیه‌پذیری، c نرخ سرعت تجزیه‌پذیری بخش b در زمان t و e عدد ثابت نپرین (۲/۷۱۸) می‌باشد.

۲-٤- روش آماری برای تجزیه و تحلیل روش *in situ*

اطلاعات حاصل توسط نرم‌افزار SAS و در قالب طرح کاملا تصادفی با ٤ تیمار و ٤ 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.

در پایان همبستگی بین تجزیه‌پذیری به روش *in situ* و داده‌های تولید گاز بوسیله نرم افزار Excel (۲۰۰۲) محاسبه شد.

۲-٥- اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

برای اندازه‌گیری میزان تولید گاز حاصل از تخمیر از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در این روش از میزان جابجایی آب لوله‌های آزمایشی مدرج متصل به شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراکی جهت اندازه‌گیری میزان گاز تولید شده استفاده می‌شود (ونگ و همکاران ۲۰۰۲، فدوراک و هرودی، ۱۹۸۳) .

در ابتدا ۳۰۰ میلی گرم از هر خوراک تهیه شده که قبلا با الک ۲ میلی‌متری آسیاب شده بودند را وزن کرده و در داخل شیشه‌های ٥۰ سی‌سی استریل ریخته و برای هر نمونه خوراک ۳ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود ۲ ساعت بعد از خوراک وعده صبحگاهی از ۲ گوسفند فیستوله شده که با جیره تهیه شده برای آزمایشات *in situ* به مدت یک ماه تغذیه شده بودند جمع آوری و با پارچه ٤ لایه‌ای صاف و در فلاسک محتوی گاز کربنیک سریعا به آزمایشگاه منتقل گردید. مایع شکمبه و بافر تهیه شده طبق روش مک دوگال (۱۹٤۸) به نسبت یک قسمت از مایع شکمبه و دو قسمت از بافر به داخل ارلن ریخته شده و جهت جلوگیری از تخمیر هوازی و کاهش دمای مایع گاز کربنیک به داخل مخلوط تزریق و در روی هیتر با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داده شد. در هر شیشه حاوی نمونه مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بافر مک‌دوگال ریخته شد و پس از تزریق گاز کربنیک و بی‌هوازی نمودن محیط داخل شیشه درب آن را محکم بسته و در دستگاه انکوباتور شیکر در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد با RPM ۱۲۰ قرار داده شد. برای تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه ۳ عدد شیشه بدون آنکه نمونه خوراک ریخته شود (شاهد) ، فقط ۲۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه و بافر ریخته و در انکوباتور قرار داده شد و در هر زمان مقدار گاز تولیدی این شیشه از حجم کل گاز تولیدی کسر گردید تا مقدار گاز تولیدی ناشی از تخمیر خوراک مورد آزمایش به دست آید. در زمانهای ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦، ٤۸، ۷۲و ۹٦ ساعت پس از قرار دادن در انکوباتور شیکر میزان گاز تولیدی به روش فدوراک (جابجایی مایع) قرائت و ثبت گرید.

حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از رابطه $V=(V_t-V_b)\times 100/W$ تصحیح شد. در این رابطه:

V= حجم گاز تصحیح شده بر حسب میلی‌لیتر به ازاء هر گرم ماده خشک

V_t= حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه خوراک بر حسب میلی‌لیتر

V_b= حجم گاز تولیددر شیشه‌های فاقد نمونه خوراک بر حسب میلی‌لیتر

W= وزن نمونه خوراک بر حسب میلی‌گرم ماده خشک

جهت تعیین مؤلفه‌های تولید گاز از معادله مک‌دونالد (۱۹۸۱) استفاده شد. برای این منظور از معادله $P=A(1-e^{-ct})$ برای تطبیق داده‌های تولید گاز استفاده شد، که P تولید گاز در زمانt و A تولید گاز بخش محلول, بخش غیر محلول و c نرخ تولید گاز و t زمان تخمیر است.

۲-٦-مدل آماری مورد استفاده در روش تولید گاز

برای بررسی میزان تولید گاز مواد خوراکی در ساعات مختلف اندازه‌گیری شده و نا پدید شدن به روش آزمایشگاهی از طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. داده‌ها با استفاده از مدل آماری ذیل آنالیز شدند.

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

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

۲-۸- تخمین پارامترهای مربوط به پروتئین قابل متابولیسم

۲-۸-۱- پروتئین قابل تجزیه سریع

بخشی از کل پروتئین خام مواد خوراکی استخراج شده بوسیله شستشو با آب سرد که با مقدار ثابت (a) تعریف شده می باشد و برای هر ماده خوراکی به طریقه زیر محاسبه می شود:

QDP (g/kg DM) = aCP (g/kg DM)

۲-۸-۲-پروتئین هایی که بطور آهسته تجزیه می شوند

مقدار تجزیه پذیری پروتئین هایی که بطور آهسته تجزیه می شوند به مدت توقف خوراک در شکمبه یا مدت زمانی که خوراک در شکمبه در معرض هضم میکروبی قرار می گیرد، تعیین می گردد. مقدار تجزیه پذیری تابعی از سطح تغذیه (L) و نرخ عبور مواد از شکمبه است.

SDP (g/kg DM) = [(bc) / (c+r)]CP (g/kg DM)

۲-۸-۳-پروتئین قابل تجزیه موثر در شکمبه

عبارت است از مقداری از نیتروژن کل که توسط میکروبهای شکمبه دریافت شده و در حقیقت برای رشد و تولید بکار می رود.

ERDP = 0/8 (QDP) + SDP

۲-۸-٤- پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم

پروتئین غیر قابل تجزیه بصورت پروتئین خام منهای پروتئین قابل تجزیه در شکمبه تعریف شده است.

UDP (g/d) = CPRDP

UDP (g/d) = CP(QDP + SDP)