بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه علوم دامی

رساله دکتری

تاثیر برون تنی فرآوری دانه جو با ترکیبات شیمیایی یاعصاره گیاهی با توانایی تعویض کاتیون‌برکینتیک گوارش پذیری نشاسته و تاثیر مشترک آن با پروتئین عبوری بر ویژگی های تولیدی گاوهای شیرده هلشتاین

رضا ناصرالاسلامی

استادان راهنما
دکتر محسن دانش مسگران
دکتر عبدالمنصور طهماسبی

استادان مشاور
دکترسید علیرضا وکیلی
دکترسید هادی ابراهیمی

دی ماه ۱۳۹۶

دانشکده کشاورزی، گروه علوم دامی

از این رساله دکتری توسط رضا ناصرالاسلامی دانشجوی مقطع دکترای رشته علوم دامی - تغذیه نشخوارکنندگان در تاریخ ۱۳۹۶/۱۱/۲۰ در حضور هیأت داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرارداد / نداد.

عنوان رساله: تاثیر برون تنی فرآوری دانه جو با ترکیبات شیمیایی یا عصاره گیاهی با توانایی تعویض کاتیون بر کینتیک گوارش پذیری نشاسته و تاثیر مشترک آن با پروتئین عبوری بر ویژگی های تولیدی گاوهای شیرده هلشتاین

سمت در هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	موسسه / دانشگاه	امضاء
استاد راهنما	دکتر محسن دانش مسگران	استاد	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
استاد راهنما	دکتر عبدالمنصور طهماسبی	استاد	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
استاد مشاور	دکتر سیدعلیرضا وکیلی	دانشیار	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
استاد مشاور	دکترسید هادی ابراهیمی	استاد یار	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
داور خارجی	دکتر محمد خوروش	دانشیار	علوم دامی	دانشگاه اصفهان	
داور خارجی	دکتر کامران رضا یزدی	دانشیار	علوم دامی	دانشگاه تهران	
داور داخلی	دکتر عباسعلی ناصریان	استاد	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
داور داخلی	دکتر رضا ولی زاده	استاد	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر احمد حسن آبادی	دانشیار	علوم دامی	دانشگاه فردوسی	

اظهار نامه

اینجانب رضا ناصرالاسلامی دانشجوی دوره دکتری رشته علوم دامی گرایش تغذیه نشخوارکنندگان دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله"تاثیر برون تنی فرآوری دانه جوبا ترکیبات شیمیایی یا عصاره گیاهی با توانایی تعویض کاتیون برکینتیک گوارش پذیری نشاسته و تاثیر مشترک آن با پروتئین عبوری برویژگی های تولیدی گاوهای شیرده هلشتاین" تحت راهنمایی آقایان "دکتر محسن دانش مسگران و دکتر عبدالمنصور طهماسبی" متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فردی دیگر به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت‌های آن‌ها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

رضا ناصرالاسلامی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر روش های فرآوری شیمیایی مختلف دانه جو با استفاده از ترکیبات قلیایی یا عصاره‌های گیاهی با خاصیت تبادل کاتیونی بالا بر ترکیب شیمیایی وکینتیک گوارش پذیری ماده خشک، نشاسته و پروتئین خام و نیز تاثیر مشترک نشاسته عبوری به همراه پروتئین عبوری بر ویژگی های تولیدی گاوهای شیرده هلشتاین بود. در این مطالعه، دانه جو با استفاده از ترکیبات شیمیایی شامل آمونیاک مایع، هیدروکسید سدیم، آلوم و عصاره‌های گیاهی با خاصیت تبادل کاتیون بالا شامل یونجه، تفاله چغندرقند و جلبک دریایی مورد فرآوری قرار گرفت. فرآوری با عصاره جلبک دریایی در واریته نصرت هم بر میزان پروتئین خام و هم نشاسته تاثیرمعنی داری ($p<۰/۰۵$) داشت و عصاره تفاله چغندر قند در واریته به رخ باعث افزایش معنی داری ($p<۰/۰۵$) در میزان نشاسته و خاکستر خام شد. در آزمایش کشت ثابت، تیمارهای آزمایشی در محیط کشت و در زمان های ۴، ۸، ۱۲،۱۶، ۲۴، ۴۸ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس با استفاده از مایع شکمبه بافری شده کشت داده شدند و ثابت نرخ ناپدید شدن با استفاده از یک مدل غیر خطی نوع اول اندازه گیری شد. در این آزمایش ثابت نرخ هضم پروتئین در فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی نسبت به عصاره های گیاهی در واریته نصرت معنی دار($p<۰/۰۵$) بود. ثابت نرخ هضم نشاسته دانه جو واریته نصرت در فرآوری با ترکیبات قلیایی نسبت به فرآوری با عصاره های گیاهی در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار شد. تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو بر روی ناپدید شدن شکمبه ای پروتئین خام در مقایسه با گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود. نتایج آزمایش کیسه های نایلونی متحرک مشخص نمود که فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی در مقایسه با عصاره های گیاهی بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته، معنی دار($p<۰/۰۵$) می باشد. در ضمن تاثیر تمام فرآوری های شیمیایی دانه جو بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته نسبت به گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود و اثر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو بر میزان ناپدید شدن نشاسته در کل دستگاه گوارش نسبت به گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بودند. در آزمایش درون تنی تاثیر جیره‌های حاوی دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا آلوم بر ویژگی‌های تولیدی و پاسخ‌های خونی گاوهای شیرده هلشتاین مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر مصرف خوراک و تولید روزانه ترکیبات شیر اختلاف معنی‌داری($p<۰/۰۵$) بین تیمارها وجود دارد. اثر تیمارهای مختلف بر تولید شیر و فراسنجه های خونی به جز غلظت های پلاسمایی گلوکز و اوره که در ۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی در بین تیمارها معنی دار شده بودند و سایر متابولیت های خون معنی‌دار نبودند. در بین فراسنجه های شکمبه فقط غلظت مولی پروپیونات و نیتروژن آمونیاکی در بین تیمارها معنی دار($p<۰/۰۵$) شد و هیچ گونه تفاوت معنی داری در سطوح pH مایع شکمبه در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که ترکیبات قلیایی و عصاره های گیاهی ممکن است اثر مثبتی بر تجزیه پذیری نشاسته دانه جو داشته باشند. علاوه بر این، فرآوری دانه جو با عصاره چغندر قند و آلوم احتمالا می تواند مقدار و محل گوارش پذیری نشاسته را تغییر دهد.

کلید واژه‌ها: پروتئین عبوری، دانه جو، ظرفیت تبادل کاتیون، فرآوری شیمیایی، نشاسته عبوری.

تشکرو قدردانی

سپاس بی کران **پروردگار یکتا** را که هستی‌ام بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونم شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرم نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی ام ساخت و توفیق تحصیل در این مقطع را در جوار حضرت ثامن‌الحجج نصیبم نمود.

در ابتدا سپاس بیکران خویش را بر همدلی، همراهی و هم گامی **مادر دلسوز و مهربانم** می‌فرستم که سجده ایثارش گل محبت را در وجودم پروراند و دامان گهربارش لحظه‌های مهربانی را به من آموخت. همچنین درود خویش را به **پدر بزرگوارم** که همواره سختی های زندگی را برایم هموار ساخت، نثار می‌کنم.

بسی شایسته است از اساتید راهنمای فرهیخته‌ام آقایان **پروفسور محسن دانش مسگران** و **پروفسور عبدالمنصور طهماسبی** که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کار ساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

از اساتید مشاور جناب آقایان دکتر سید علیرضا وکیلی و دکتر سید هادی ابراهیمی به واسطه راهنمائی‌های ارزنده شان در طول دوره تحصیل تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اعضای کمیته داوران آقایان دکتر محمد خوروش، دکتر عباسعلی ناصریان و دکتر رضا ولی زاده که زحمت داوری پایان نامه را کشیدند و همچنین نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر احمد حسن آبادی کمال تشکر و قدردانی دارم.

همچنین از تمامی اساتید گروه علوم دامی که در این مقطع در محضر ایشان درس علم و ادب آموختم تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوست و همکار عزیزم جناب آقای **مهندس ساسان شمس سبحانی** که در طول مقاطع تحصیلی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی مرا یاری نموده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از منشی محترم گروه، سرکار خانم ارجمند و همچنین از آقای پور ولی سپاسگزاری می‌نمایم. از مسئولین محترم مزرعه جناب آقایان مهندس خوشدل، مهندس مختاری و سایر همکاران ایشان و مسئول محترم آزمایشگاه مرکزی جناب آقای مهندس سالمی تشکر می‌نمایم.

از راهنمائی‌های ارزنده دوستان عزیز آقایان دکتر حسین رجایی و مهندسین آقایان مهدی مهرآبادی، سید محسن حسینی، رضا لطفی، وطن دوست و جواد امینی تشکر می‌نمایم. یاد و خاطره دوستان گرامی آقایان خیر آبادی، کریمی، فلاحتی زو، فدایی و خانم ها رحیمی، عینی، علیپور، خیراندیش، ملک جهانی و غلامی که افتخار آشنایی با ایشان را در طی مدت تحصیل داشتم همیشه گرامی خواهم داشت. از سایر دوستانی که در اجرای این پروژه کمک کردند و ذکر نام ایشان در این نوشته کوتاه نیامد تشکر نموده و برای ایشان آرزوی بهروزی و موفقیت را دارم.

رضا ناصرالاسلامی

دی ماه ۱۳۹۶

تقدیر و تشکر

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق رارفیق راهم ساخت و سختی های راه را بر من،هموار نمود

آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود.

این پایان نامه را به فرشتگان مهربان خدا بر روی زمین،کسانی که لحظات ناب باور بودن ،لذت و غرور دانستن ،جسارت خواستن ، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگی ام مدیون حضور پر مهر آنهاست و آغوششان پناهگاه امن زندگی ام

پدر و مادر عزیزم

تقدیم می دارم.

از استادان ارجمند پروفسور محسن دانش مسگران و پروفسور عبدالمنصور طهماسبی که در طول این تحقیق از راهنمائی شان بهره مند گردیدم و همواره در کمال سعه صدر مرا یاری نمودند سپاسگزارم .

فهرست علامت‌ها و اختصارها

علامت	معادل انگلیسی	معادل فارسی
A	Solublizable protein	پروتئین محلول
ADF	Acid detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
AIA	Acid insoluble ash	خاکستر نامحلول در اسید
AOAC	Association of official analytical chemistits (basic chemicals)	روش‌های استاندارد آنالیز ترکیب خوراک
BD	Bulk density	چگالی
BCP	Bypass protein	پروتئین عبوری
BST	Bypass starch	نشاسته عبوری
C	Concentration of glucose	غلظت گلوکز
CA	Soluble carbohyderate	کربوهیدرات‌های محلول
CEC	Cation exchange capacity	ظرفیت تبادل کاتیون
CP	Crude protein	پروتئین خام
D	*In situ* potential degradable fraction	بخش تجزیه پذیر در تکنیک کیسه گذاری
Di	Potentially digestible fraction at any time	بخش با پتانسیل هضم در هر زمان
DM	Dry Matter	ماده خشک
DMI	Dry matter intake	مصرفی ماده خشک
Dt	Potentially digestible residues at any time	باقی‌مانده بخش با پتانسیل هضم در هر زمان
E	Molar absorbtion	جذب مولی
EE	Ether extract	عصاره اتری
HE	Herbal extract	عصاره گیاهی
I	Indigestible fraction at any time	بخش غیر قابل هضم در هر زمان
In situ	*In situ* technique	تکنیک کیسه گذاری
In vitro	*In vitro* technique	تکنیک برون تنی (آزمایشگاهی)
In vivo	*In vivo* technique	تکنیک درون تنی (حیوانی)
K	Fractional rate constant of digestion	ثابت نرخ هضم
K_d	Fractional rate of degradation	نرخ تجزیه شدن در تکنیک کیسه گذاری
Kp	Fractional rate of passage	نرخ عبور در تکنیک کیسه گذاری
MP	Metabolizable protein	پروتئین قابل متابولیسم
MUN	Milk urea nitrogen	نیتروژن اوره‌ای شیر
NDF	Nutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی

NEl	Net energy for lactation	انرژی خالص برای شیردهی
NEm	Net energy for maintenance	انرژی خالص برای نگهداری
NFC	Non fiber carbohyderates	کربوهیدرات‌های غیر فیبری
NLIN	Non linear	غیر خطی
NPN	None protein nitrogen	نیتروژن غیر پروتئینی
NRC	National research council	انجمن ملی تحقیقات
OM	Organic matter	ماده آلی
OMD	Organic matter digestibility	قابلیت هضم ماده آلی
RDP	Rumen degradable protein	پروتئین تجزیه پذیر در شکمبه
RRS	Rumen resistant starch	نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای
RS	Retrogradation of starch	تنزل کیفیت نشاسته
RUP	Rumen undegradable protein	پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه
SS	Soluble sugar	قندهای محلول
VFAs	Volatile fatty acids	اسیدهای چرب فرار
W	Washable fraction	بخش قابل شستشو در تکنیک کیسه گذاری

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱۷

۱-۱-مقدمه ۱۷

۱-۲- اهداف پژوهش ۱۹

فصل دوم: بررسی منابع ۲۱

۲-۱- کربوهیدرات ها ۲۱

۲-۲- دانه جو ۲۴

۲-۲-۱-ترکیب شیمیایی دانه جو ۲۵

۲-۲-۲- مقایسه دانه جو با سایر غلات ۲۵

۲-۲-۳- عوامل موثر بر ارزش غذایی دانه جو ۱۱

۲-۲-۳-۱- رقم جو ۲۸

۲-۲-۳-۲- همبستگی بین چگالی و ارزش غذایی دانه جو ۲۹

۲-۲-۳-۳- شرایط کاشت ۳۰

۲-۳- بیوسنتز نشاسته ۳۰

۲-۳-۱- انواع گرانول‌های نشاسته ۱۴

۲-۳-۲- ساخت آمیلوز و آمیلوپکتین ۳۱

۲-۳-۳- تفاوت آمیلوز و آمیلوپکتین ۳۱

۲-۴- عوامل موثر بر هضم نشاسته غلات در نشخوارکنندگان ۳۲

۲-۴-۱- نقش ماتریکس پروتئینی در هضم نشاسته ۳۲

۲-۴-۲- تاثیرمیکروارگانیزم های شکمبه برهضم گرانول های نشاسته ۱۶

۲-۴-۲-۱- باکتری ها ۱۶

۲-۴-۲-۲- پروتوزوآ ۳۳

۲-۴-۲-۳- قارچ ها ۱۷

۲-۵- هضم آنزیمی نشاسته ۳۴
۲-۶- غلظت و قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته ۱۸
۲-۷- عوامل موثر بر قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته ۱۹
۲-۸- اندازه گیری غلظت و قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته ۱۹
۲-۹- انرژی زایی نشاسته ۲۰
۲-۱۰- نرخ تخمیر ۲۱
۲-۱۱- ارتباط حلالیت پروتئین با گوارش پذیری نشاسته ۲۳
۲-۱۲- اندازه گیری گوارش پذیری نشاسته ۲۴
۲-۱۳- اثر مکان هضم بر بازده انرژی زایی نشاسته ۲۴
۲-۱۴- اهمیت محل هضم نشاسته ۲۶
۲-۱۵- نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای ۲۶
۲-۱۶- ارزش غذایی دانه جو در تغذیه نشخوارکنندگان ۲۷
۲-۱۷- روش‌های فرآوری برای بهبود بازدهی مواد خوراکی در نشخوارکنندگان ۲۹
۲-۱۷-۱- روش‌های فرآوری فیزیکی ۲۹
۲-۱۷-۱-۱- فرآوری فیزیکی سرد ۳۰
۲-۱۷-۱-۲- فرآوری فیزیکی گرم ۳۱
۲-۱۷-۲- فرآوری آنزیمی ۳۳
۲-۱۷-۳- فرآوری شیمیایی ۳۴
۲-۱۸- تقسیم بندی پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان ۳۴
۲-۱۹-کاربرد عصاره های گیاهی جهت فرآوری شیمیایی ۳۵
۲-۱۹-۱- تعریف عصاره ۳۵
۲-۲۰- ظرفیت تبادل کاتیون ۳۶
۲-۲۱- روش‌های تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی ۳۷
۲-۲۱-۱- روش درون تنی (*In vivo*) ۳۸

۲-۲۱-۲- روش‌های آزمایشگاهی(*In vitro*) ۳۸
۱-۲-۲۱-۲- روش تیلی و تری ۳۸
۲-۲-۲۱-۲- روش آنزیمی ۳۹
۳-۲-۲۱-۲- روش تولید گاز ۳۹
۴-۲-۲۱-۲- روش کشت ثابت ۴۱
۳-۲۱-۲- روش درون کیسه ای(*In situ*) ۴۱
۲-۲۱-۳-۱- کیسه‌های نایلونی متحرک ۴۲
فصل سوم: مواد و روش ها ۴۵
۳-۱- محل اجرای طرح ۴۵
۳-۲- تهیه و شرایط کاشت دانه های جو مورد استفاده در آزمایش ۴۵
۳-۳- عصاره گیری ۴۵
۳-۴- فرآوری دانه جو با عصاره های گیاهی و ترکیبات قلیایی ۴۶
۳-۵- آزمایش اول: بررسی گوارش پذیری نمونه های آزمایش با روش کشت ثابت ۴۶
۳-۵-۱- انتخاب نمونه‌های جو مورد آزمایش ۴۷
۲-۵-۳- مواد و محلول‌های مورد نیاز ۴۷
۳-۵-۳- روش آماده سازی محیط‌های کشت ۴۷
۳-۵-۴- روش انجام آزمایش کشت ثابت ۴۸
۳-۶- آزمایش دوم: تعیین گوارش پذیری شکمبه ای و پس از شکمبه ای دانه های جو فرآوری شده با استفاده از روش کیسه های نایلونی متحرک ۴۸
۱-۶-۳- عمل جراحی جهت انجام آزمایش کیسه های نایلونی متحرک ۴۸
۲-۶-۳- انکوباسیون شکمبه ای دانه های جو فرآوری شده ۴۹
۳-۶-۳- انکوباسیون روده ای دانه های جو فرآوری شده ۴۹
۳-۷- آزمایش سوم : تاثیر جیره‌های حاوی جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا آلوم با منابع مختلف غنی از پروتئین خام بر ویژگی‌های تولیدی و پاسخ‌های خونی گاوهای شیرده هلشتاین ۴۹

۳-۷-۱- محل انجام آزمایش ۴۹
۳-۷-۲- فرآوری دانه‌های جو با آلوم ۴۹
۳-۷-۳- فرآوری دانه‌های جو با عصاره تفاله چغندر قند ۵۰
۳-۷-۴- مشخصات گاوهای استفاده شده در آزمایش ۵۰
۳-۷-۵- جیره‌های آزمایشی و مدیریت گاوها در طول آزمایش ۵۱
۳-۷-۶- نمونه برداری از شیر و خون ۵۲
۳-۸- تعیین ترکیبات شیمیایی ۵۴
۳-۹- تجزیه شیمیایی ۵۴
۳-۹-۱-اندازه گیری ماده خشک ۵۴
۳-۹-۲- اندازه گیری چربی خام ۵۴
۳-۹-۳- اندازه گیری الیاف غیر محلول در شوینده خنثی (NDF) ۵۵
۳-۹-۴-اندازه گیری الیاف غیر محلول در شوینده اسیدی (ADF) ۵۵
۳-۹-۵- اندازه گیری پروتئین خام ۵۶
۳-۹-۶- اندازه گیری نیتروژن آمونیاکی ۵۷
۳-۹-۷- تعیین مقدار نشاسته ۵۸
۳-۹-۷-۱- محاسبه مقدار نشاسته ۵۹
۳-۱۰- اندازه گیری قابلیت هضم مواد مغذی در شرایط درون تنی ۶۰
۳-۱۰-۱- جمع‌آوری مدفوع ۶۰
۳-۱۰-۲- اندازه گیری خاکستر نامحلول در اسید ۶۰
۳-۱۱- اندازه گیری ترکیبات شیر، آمونیاک شکمبه و خوراک مصرفی ۶۱
۳-۱۲- اندازه‌گیری نیتروژن اوره‌ای شیر ۶۱
۳-۱۳- اندازه گیری مقدارpH مایع شکمبه ۶۲
۳-۱۴- اندازه گیری فراسنجه‌های خونی ۶۲
۳-۱۵- تغییرات وزن بدن ۶۲

۳-۱۶- محاسبه ها و تجزیه و تحلیل آماری ۶۲
۳-۱۶-۱- ترکیبات شیمیایی و آزمایش کشت ثابت ۶۳
۳-۱۶-۲- آزمایش کیسه های نایلونی متحرک ۶۳
۳-۱۶-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به آزمایش درون تنی ۶۴
فصل چهارم: نتایج و بحث ۶۵
۴-۱- تاثیر فرآوری دانه های جو با عصاره گیاهی دارای تبادل کاتیون بالا یا ترکیبات قلیایی ۶۵
۴-۱- ۱- اثر فرآوری دانه جو با عصاره گیاهی ۶۵
۴-۱- ۲- اثر فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی ۶۶
۴-۲- آزمایش کشت ثابت ۶۹
۴-۲-۱- ماده خشک ۶۹
۴-۲-۲- پروتئین خام ۷۰
۴-۲-۳- نشاسته ۷۲
۴-۳- آزمایش کیسه های نایلونی متحرک ۷۳
۴-۳-۱- ناپدید شدن شکمبه ای ۷۳
۴-۳-۲- ناپدید شدن پس از شکمبه ای ۷۴
۴-۳-۳- ناپدید شدن در کل دستگاه گوارش ۷۴
۴-۴- آزمایش درون تنی ۷۷
۴-۴-۱- مصرف خوراک، تولید و ترکیبات شیر و تغییرات وزن بدن ۷۷
۴-۴-۲- پارامترهای تخمیر شکمبه ۸۷
۴-۴-۳- متابولیت های خون ۸۷
۴-۴-۴- فعالیت نشخوار و قابلیت هضم جیره های آزمایش ۹۶
فصل پنجم: نتیجه گیری ۱۰۲
۵-۱- نتیجه گیری کلی و پیشنهادها ۱۰۲
منابع مورد استفاده ۱۰۵

فهرست جداول

جدول۲-۱. اثر مکان هضم نشاسته بر عملکرد نشخوارکنندگان..... ۴۱

جدول ۲-۲. ظرفیت تبادل کاتیونی بعضی از خوراک های معمول در تغذیه گاوهای شیری..... ۵۳

جدول ۳-۱. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های استفاده شده در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین ۶۹

جدول ۴-۱. ماده خشک و ترکیب شیمیایی (گرم درکیلوگرم ماده خشک) دانه جو واریته نصرت فرآوری نشده و شده با ترکیبات قلیایی و عصاره گیاهی..... ۸۳

جدول ۴-۲. ماده خشک و ترکیب شیمیایی (گرم درکیلوگرم ماده خشک) دانه جو واریته به رخ فرآوری نشده و شده با ترکیبات قلیایی و عصاره گیاهی..... ۸۳

جدول۴- ۳.تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو واریته نصرت بر فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای ماده خشک، پروتئین و نشاسته با استفاده از روش برون تنی کشت ثابت ۸۶

جدول۴- ۴. تاثیر فرآوری‌های شیمیایی مختلف دانه جو واریته به رخ بر فراسنجه‌های گوارش پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین و نشاسته با استفاده از روش برون تنی کشت ثابت ۸۷

جدول ۴-۵. مقادیر ناپدید شدن ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته دانه جو فرآوری نشده و شده با ترکیبات قلیایی یا عصاره گیاهی با استفاده از روش کیسه های نایلونی متحرک..... ۹۲

جدول ۴-۶. تاثیر مقادیر مختلف RUP و نوع فرآوری بر میزان خوراک مصرفی و تولید و ترکیبات شیر و تغییرات وزن بدن در گاوهای شیرده ۹۴

جدول ۴-۷. تاثیر مقادیر مختلف RUP و نوع فرآوری بر فراسنجه های تخمیری در گاوهای شیرده..... ۱۰۶

جدول ۴-۸. تاثیر مقادیر مختلف RUP و نوع فرآوری بر متابولیت های خون در گاوهای شیرده ۱۰۸

جدول ۴-۹. تاثیر مقادیر مختلف RUP و نوع فرآوری بر غلظت پلاسمایی گلوکز و اوره در زمان های مختلف در گاوهای شیری.....۱۱۰

جدول ۴-۱۱. تاثیر مقادیر مختلف RUP و نوع فرآوری بر قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیرده ۱۱۷

فهرست نمودار ها

نمودار ۴-۱. همبستگی بین پروتئین عبوری و نشاسته عبوری با تولید شیر روزانه.....۹۷
نمودار ۴-۲. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید شیر روزانه در گاوهای شیرده ۹۷
نمودار ۴-۳. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید چربی شیر در گاوهای شیرده .....۹۸ نمودار ۴-۴. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید پروتئین شیر در گاوهای شیرده .....۹۸ نمودار ۴-۵. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید کل مواد جامد شیر در گاوهای شیرده .....۹۹ نمودار ۴-۶. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید مواد جامد بدون چربی شیر در گاوهای شیرده ....۹۹ نمودار ۴-۷. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید لاکتوز شیر در گاوهای شیرده .....۱۰۰ نمودار ۴-۸. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید نیتروژن اوره ای شیر در گاوهای شیرده .....۱۰۰ نمودار ۴-۹. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تغییرات وزن بدن در گاوهای شیرده .....۱۰۱ نمودار ۴-۱۰. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر مصرف خوراک در گاوهای شیرده ۱۰۱
نمودار ۴-۱۱. همبستگی بین پروتئین عبوری و نشاسته عبوری با تولید روزانه چربی شیر.....۱۰۲
نمودار۴-۱۲. همبستگی بین پروتئین عبوری و نشاسته عبوری با تولید روزانه کل مواد جامد شیر.....۱۰۲
نمودار ۴-۱۳. همبستگی بین پروتئین عبوری و نشاسته عبوری با خوراک مصرفی.....۱۰۳
نمودار ۴-۱۴. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید نیتروژن آمونیاکی شکمبه در گاوهای شیرده ۱۰۶
نمودار ۴-۱۵. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر غلظت پروپیونات شکمبه در گاوهای شیرده ۱۰۷
نمودار ۴-۱۶. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP برغلظت پلاسمایی گلوکز ۴ساعت پس از خوراکدهی۱۰۹
نمودار ۴-۱۷. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP برغلظت پلاسمایی اوره ۴ساعت پس از خوراکدهی ۱۱۰
نمودار ۴-۱۸. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP برغلظت پلاسمایی گلوکز ۶ساعت پس ازخوراکدهی ۱۱۱
نمودار ۴-۱۹. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر غلظت پلاسمایی اوره ۶ساعت پس از خوراکدهی ۱۱۲
نمودار ۴-۲۰. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر فعالیت نشخوار درحالت ایستاده در گاوهای شیرده ۱۱۴
نمودار ۴-۲۱. تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر فعالیت خوردن درحالت ایستاده درگاوهای شیرده ..۱۱۴

فصل اول

۱-۱-مقدمه

دستگاه گوارش نشخوارکنندگان برای هضم کربوهیدرات ها مناسب است و در طی هزاران سال به هضم آن عادت کرده است. در نتیجه، شرایط عادی با یک جیره متعادل شده، شکمبه توان هضم کل کربوهیدرات سریع الهضم وارد شده به آن را دارد. کربوهیدرات سریع الهضم شامل قندها، الیگوساکاریدها، نشاسته، گلوکان ها و پکتین می باشد،که عموما هضم آنها سریعتر،کامل تر و مقدار انرژی بیشتری نسبت به هضم الیاف دارند (متیسون،۱۹۹۶). به همین دلیل کربوهیدرات های سریع الهضم ممکن است نقش کلیدی در شروع اختلالات مرتبط با هضم کربوهیدرات ها در شکمبه را داشته باشند. در جیره گاوهای شیری در اکثر نقاط دنیا از جمله ایران بخش عمده یا تمامی کربوهیدرات سریع الهضم جیره را نشاسته موجود در غلات تشکیل می دهند. همچنین قابل توجه است که نشاسته ماده مغذی عمده در شروع بروز اسیدوز در نشخوارکنندگان است. منابع اصلی نشاسته در جیره ها، عموما شامل جو، ذرت و سورگوم است و در این میان دانه جو[1] به عنوان منبع کربوهیدرات سهل الهضم از جایگاه ویژه ای برخوردار است. علاوه بر این، نشاسته عمده ترین ماده مغذی در جیره نشخوارکنندگان است که باعث بهبود از تولید در حیوان می‌شود. بنابراین سودمندی مناسب نشاسته اساس بهبود بازده تولید محصولات حیوانی است (بوچمین و همکاران،۱۹۹۷).

دانه جو غله یک ساله ای است که عمدتا به عنوان غذا برای حیوانات و در مقیاس کوچکتر برای تغذیه انسان ها، تهیه نوشیدنی ها و در موارد صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد و جزو اولین غلاتی است که توسط انسان کشت

[1] *Hordeum vulgare*

شده است. نشاسته دانه های غلات عمدتا در آندوسپرم انباشته می شود. ماده خشک آنها با توجه به روش برداشت و شرایط ذخیره متفاوت است، ولی به طور کلی در حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می باشد و حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد ترکیبات نیتروژنه موجود در آنها به صورت پروتئین است (هارمون،۲۰۰۹). دانه جو به لحاظ انرژی و پروتئین در خوراک دام مورد توجه قرار می گیرد و فرآوری آن برای بیشینه کردن قابلیت استفاده از آن برای دام های شیرده و همچنین پرواری مد نظر است. هر نوع فـرآوری کـه باعـث کاهش اندازه ذرات دانه جو گردد، باعـث افـزایش تجزیـه پذیری آن در شکمبه نیز می شود (لارسن و همکاران،۲۰۰۹).

نشاسته دانه جو نسبت به ذرت نرخ تجزیـه پـذیری بیشتری درشکمبه دارد (یانگ و همکاران،۱۹۹۷). علی رغم درصد کم پروتئین دانه جو، به علت میزان مصرف زیاد این ماده در جیره، تامین قسمت قابل توجهی از پروتئین جیره را به خود اختصاص می‌دهد. دانه کامل به علت داشتن پریکارپ نسبت به هضم شکمبه ای مقاوم است و علاوه بر آن بوسیله یک پوشش الیافی 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 می شود، ولی در صورت شکسته شدن، بعلت اینکه ماتریکس پروتئینی جو محلول تر از ذرت است و قابلیت نفوذ بهتری را برای باکتری ها فراهم می کند (کمپلینگ،۱۹۹۱). از طرفی میزان تجزیه پذیری این پروتئین در شکمبه بسیار زیاد است که این مسئله موجب کاهش ارزش غذایی آن و همچنین بروز مشکلات باروری برای دام‌های تازه زا و پر تولید می‌شود. تغذیه گاوهای شیرده بـا مقادیر زیاد جو باعث افزایش تولید اسیدهای چرب فـرار در شکمبه شده و متعاقباً pH شکمبه کاهش یافته و موجب بروز اسیدوز شکمبه ای می گردد (هانتینگتون و همکاران، ۲۰۰۶). اسیدوز تحت بالینی موجـب کـاهش مصـرف خـوراک، کـاهش هضـم الیـاف، افزایش بروز لنگش، کاهش تولیـد شـیر و غیـره مـی گـردد (یانگ و همکاران،۱۹۹۷). دو راهکار جهت پیشگیـری از اثـرات منفـی تغذیـه زیاد جو در جیره گاوهای شیری و گوشتی وجود دارد کـه شامل کاهش نرخ تجزیه پذیری نشاسته جو در شکمبه و افزایش عبور آن به روده باریک می باشد. در ضمن تجزیـه شـدن نشاسته در روده باریک در مقایسه با تخمیر در شکمبه بازده بهتری در گاوهای شیری دارد (هارمون و همکاران۲۰۰۴).

روش های فرآوری مکانیکی دانه جو شامل پلت کردن، برشته کردن، ورقه ورقه کردن با بخار و روش هـای شـیمیایی ماننـد فـرآوری بـا هیدروکسـید سـدیم، فرمالدئیـد، آمونیـاک و اوره مـی باشـد. مـواد شـیمیایی نامبرده بـرای انسـان و حیـوان سـمی هسـتند و در بسیاری از کشورها استفاده از آنها ممنوع شـده اسـت (فراریتو و

همکاران،۲۰۱۳). روشهای مکانیکی توأم با حرارت و رطوبت نیـز در همـه دامداری هـا قابـل اسـتفاده نبـوده و هزینـه زیـادی دارنـد. عصاره های گیاهی برخلاف مواد شیمیایی نامبرده برای انسان و حیوان سمی نبوده و در صنایع دارویی و غذایی نیز به وفور استفاده می شوند.

به دلیل ماهیت یا تخمیر پذیری نشاسته، پاسخ عملکردی حیوان به روش‌های مختلف فرآوری در مورد دانه جو خیلی متغیرتر از سایر دانه‌ها می‌باشد (هاتجنز و دان، ۲۰۰۰). همچنین اعمال این فرآوری ها با توجه به تغییر در محل و کینتیک هضم، به ویژه در مورد گاوهای شیرده تاثیرات قابل توجهی بر تولید و همچنین خصوصیات خون، شیر و مایع شکمبه بر جا می گذارد. برای شکستن پریکارپ دانه و افزایش قابلیت هضم آن روش های فرآوری مختلفی در مورد دانه جو اعمال می گردند که هرکدام نیازمند شرایط خاص و دارای اثرات متفاوتی‌هستند. از سویی به دلیل روند رو به رشد پرورش متراکم دام، حداکثر استفاده از مواد مغذی مواد خوراکی اجتناب ناپذیر است و عامل موثر در بهبود ارزش غذایی دانه جو، نوع روش فرآوری قبل از تغذیه دام است و تعیین کارایی روش های فرآوری در شرایط بومی می تواند در انتخاب روشی مناسب با شرایط موجود و مزایای احتمالی راهگشا بوده و منجر به افزایش بهره وری خوراک و در نتیجه کاهش هزینه های تولید و در نهایت کاهش خروج ارز برای واردات افزودنی های مورد نیاز گردد. همچنین با توجه به این که مدل های هضمی کمک می کنند تا بتوانیم به طور صحیح تری از این دانه با عنایت به مهیا کردن شرایط بهینه متابولیسمی استفاده نماییم. بنـابراین روشـی از فرآوری دانه جو کـه بتوانـد نشاسـته مقـاوم بـه هضـم در شکمبه را افزایش دهد، مـی توانـد هم بـه عنـوان یـک راه حـل پیش گیری از بروز اخـتلالات دسـتگاه گـوارش در هنگـام مصرف جیره بر پایه دانه جو در گاوهای شیرده مطرح شود و هم با افزایش میزان نشاسته عبوری به دئودنوم و جذب گلوکز، مانع از گلوکونئوژنز اسیدهای آمینه درکبد شده که در نتیجه تولید و پروتئین شیر افزایش می یابد. بنابراین با افزایش راندمان هضم و جذب نشاسته در روده باریک، میزان دفع نشاسته از طریق مدفوع نیزکاهش می یابد.

از راه های پیشنهادی افزایش سـهم نشاسـته مقـاوم بـه هضـم توسـط فـرآوری دانـه جـو علاوه بر ترکیبات شیمیایی، بـه عصاره های گیاهی با توانایی تعویض بالای کاتیون، می توان اشاره نمود.

۲-۱- اهداف پژوهش

۱- تعیین ترکیبات شیمیایی دو رقم دانه جو به نام های نصرت و به رخ (به ترتیب دارای متوسط و بیشترین میزان نشاسته) فرآوری شده با عصاره های گیاهی دارای پتاسیل بالای تعویض کاتیون و یا برخی از ترکیبات قلیایی.

۲- تعیین کینتیک گوارش پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته دانه های جو فرآوری شده با برخی از ترکیبات قلیایی و عصاره گیاهی با استفاده از روش برون تنی کشت ثابت.

۳- تعیین ضرایب گوارش پذیری شکمبه ای و پس از شکمبه ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته دانه های جو فرآوری شده با ترکیبات قلیایی و عصاره گیاهی با استفاده از تکنیک کیسه های نایلونی متحرک.

۴- تاثیر جیره‌های حاوی دانه جو فرآوری شده با آلوم و عصاره آبی تفاله چغندر قند به همراه سطوح متفاوت پروتئین عبوری بر ویژگی‌های تولید و برخی از فراسنجه های خون گاوهای شیرده نژاد هلشتاین.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- کربوهیدرات ها

کربوهیدرات ها ۷۰ تا ۸۰ درصد ماده خشک در جیره گاوهای شیرده تشکیل می دهند. تجربه های امروزی، کربوهیدرات ها را براساس خصوصیات تخمیر و گوارش پذیری آنها تقسیم بندی می کنند که بر اساس درک فعلی ما از آنها می باشد. کربو هیدرات ها به دو بخش الیافی و غیر الیافی تقسیم می شوند. الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشان دهنده الیافی است که فقط توسط میکروب های شکمبه قابل گوارش است و معمولا نسبت به دیگر کربوهیدرات ها خیلی آهسته تر تخمیر می شود. در مقابل فرض بر این است که کربوهیدرات های غیرالیافی تا ۹۸ درصد گوارش پذیری دارند و ممکن است خیلی سریع تر از الیاف در شکمبه تخمیر شوند و مقداری هم در روده باریک قابل گوارش هستند (مک لئود و همکاران،۲۰۰۷).

کربوهیدرات ها توان اثرگذاری زیادی بر میزان انرژی دریافتی و تفکیک آن در بین مسیر های مختلف متابولیکی دارند. این اثرات بسته به نوع و خصوصیات گوارشی کربوهیدرات ها و اثرات متقابل آن با وضعیت فیزیولوژیکی حیوانات مصرف کننده متفاوت است (مک گرگور و همکاران،۱۹۹۳). قابلیت تخمیر شکمبه‌ای نشاسته (میزان و نرخ تخمیر) قادر به تحت تاثیر قرار دادن مصرف خوراک به واسطه تاثیر برمیزان عوامل متابولیکی تحریک کننده فرآیند اکسیداسیون کبدی و افزایش سطح انرژی آن است. بیشترین قابلیت این مکانیزم در تنظیم میزان مصرف ماده خشک در دوره انتقال و از اواسط تا اواخر دوره شیردهی عنوان شده است. نقش اصلی در تامین گلوکز و

پیش سازهای مورد نیاز آن (اسید پروپیونیک) به منظور تولید لاکتوز شیر (به عنوان عامل اصلی تعیین کننده میزان شیر تولیدی) دلیل اصلی اهمیت بخش نشاسته ای جیره غذایی است. با این حال، برخی از منابع خوراکی غنی از نشاسته با نرخ زیادی تخمیر می شوند. وسعت و سرعت بسیار زیاد تخمیر شکمبه‌ای در برخی از منابع نشاسته ای و یا تحت تاثیر روش های مختلف فرآوری قادر به کاهشpH شکمبه، تغییر مسیرهای بیوهیدروژناسیون شکمبه ای اسیدهای چرب غیر اشباع و در نهایت کاهش غلظت (درصد) و میزان تولید (کیلوگرم) چربی شیر هستند (مک لئود و همکاران،۲۰۰۷).

کربوهیدرات هایی که تجزیه پذیری بالایی در شکمبه دارند رشد میکروبی را بهبود می بخشند (اسنیفن و همکاران،۱۹۹۲). فراهمی کربوهیدرات ها برای میکروب های شکمبه و حیوان میزبان به وسیله منبع دانه و فرآوری آن تحت تاثیر قرار می گیرد (برودریک و کلایتون، ۱۹۹۷) و موجب بهبود در بازده مصرف مواد مغذی به وسیله میکروارگانیزم های شکمبه و در کل دستگاه گوارش می گردد. اثر فرآوری بر سودمندی نشاسته در دانه سالم در نشخوارکنندگان باید بیش از نشاسته جدا شده از دانه ارزیابی شود، زیرا ممکن است نسبت نشاسته با سایر ترکیبات دانه به وسیله فرآوری تغییر کند (تئورر، ۱۹۸۶). حداقل فرآوری مورد نیاز برای هضم مناسب دانه توسط اغلب حیوانات، شکستن پریکارپ و در معرض قرار دادن آندوسپرم است. در مرحله کامل‌تری از فرآوری، میزان آسیاب کردن و غلتک زدن و نیز میزان کاهش ذرات مطرح می شود (شلو و همکاران، ۲۰۱۳). البته فرآوری ممکن است مایکوتوکسین ها را از بین ببرد و خواص مخلوط شدن و نهایتا مدیریت آخور را بهبود بخشد، که افزایش عملکرد حیوان را به دنبال دارد (آونز و همکاران، ۱۹۹۲).

غلات شامل گروهی از گیاهان از خانواده گندمیان می باشند که سطح زیر کشت برخی از آنها در دنیا بیش از سایر گیاهان زراعی بوده و دانه این گروه از گیاهان که محصول اصلی آنها می باشد برای تهیه نان و تغذیه اکثر مردم جهان به مصرف رسیده و همچنین در تغذیه حیوانات و پرندگان از آن استفاده می شود. دانه غلات از بیرون به داخل دانه شامل یک لایه ضخیم بیرونی، چند لایه پریکارپ که مانع نفوذ و تهاجم میکروارگانیزم ها شده، ژرم و آندوسپرم می باشد. باضخیم شدن لایه بیرونی، مقداری لیگنین و استرهای واکسی جهت جلوگیری از نفوذ میکروارگانیزم ها و آب نیز تشکیل می شود. این لایه تقریبا ۳–۸ درصد از وزن کل دانه را تشکیل می دهد. در دانه جو به دلیل داشتن پوسته این مقدار تا ۲۵ درصد نیز افزایش می یابد (سینگ و همکاران،۲۰۱۰). لایه پریکارپ و پوسته به لحاظ شیمیایی دارای ۹۰ درصد الیاف می باشند و به دلیل بالا بودن لیگنین، هضم آنها کمتر از ۴۰ درصد

می باشد (لی و همکاران،۲۰۰۱). هضم شکمبه ای لایه پریکارپ و پوسته در pH کمتر از ۶/۲ مختل شده و مصرف بالای دانه غلات نیز موجب کاهش pH و درنتیجه کاهش هضم الیاف می شود. آندوسپرم از دو بخش تشکیل شده است: ۱- آندوسپرم نشاسته ای ۶۰ تا ۹۰ درصد از وزن کل دانه را تشکیل می دهد و ۲- آلورون[1] که ۲ تا ۷درصد از وزن کل دانه راتشکیل می دهد. آلورون بسته به نوع و ژنتیک دانه غلات از یک تا سه لایه تشکیل شده است (جنکینز و همکاران،۱۹۹۵). دیواره سلولی آندوسپرم در گندم و ذرت از آرابینوزایلان ها تشکیل شده است، در صورتی که در جو و یولاف از پیوند های ۱-۳ و۱-۴ بتاگلوکان تشکیل شده است. این لایه عاری از لیگنین است و بیشتر دارای آرابینوزایلان و بتاگلوکان است. دیواره سلولی آندوسپرم اطراف گرانول های نشاسته درون ماتریکس پروتئینی احاطه شده است. نشاسته،کربوهیدرات اصلی تشکیل دهنده آندوسپرم غلات است. نشاسته زنجیره خطی و انشعابی از واحد های گلوکز است که به آن آمیلوز و آمیلوپکتین گفته می شود (فاراج،۲۰۰۴). واحدهای گلوکز در آمیلوز به صورت پیوند های آلفا۱-۴ است و در آمیلوپکتین به صورت ۱-۴ و۱-۶ می باشد. گرانول های نشاسته بسته به نوع دانه تفاوت های زیادی به لحاظ شکل چند ضلعی[2]، عدسی[3] و گرد[4] هستند. وقتی نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین کمتر از ۱۵ درصد باشد به آن نشاسته واکسی گفته می شود. به طور نرمال ۱۶ تا ۳۵ درصد گرانول های نشاسته از آمیلوز تشکیل شده است. در نشاسته های با آمیلوز بالا مقدار آمیلوز بیش از ۳۶ درصد است. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین همبستگی منفی با هضم نشاسته در تک معده ای ها دارد (آکربرگ و همکاران، ۱۹۹۸) اما تاثیر نسبت آمیلوز به آمیلو پکتین برهضم نشاسته بوسیله میکروارگانیزم های شکمبه کمتر بررسی شده است. آندوسپرم ذرت و سورگوم به صورت : ۱- ناحیه شیشه ای[5] و ۲- آردی[6] می باشند. گرانول های نشاسته در آندوسپرم شیشه ای چسبیده به ماتریکس پروتئینی هستند ولی در آندوسپرم آردی گرانول های نشاسته ارتباط محکمی با ماتریکس پروتئینی ندارند. گرانول های نشاسته در ذرت نزدیک هم هستند و ارتباط محکمی با ماتریکس پروتئینی دارند در صورتی که در گندم و جو به این صورت نیست.

[1] Aleuron
[2] Polyhedral
[3] Lenticular
[4] Spherical
[5] Vitreous
[6] Floury

گندم، تریتیکاله، جو، یولاف، ذرت و سورگوم به ترتیب دارای بیشترین خطر بروز اسیدوز در نشخوارکنندگان هستند که علت آن براساس نرخ تخمیر نشاسته در شکمبه می باشد. دانه غلات کاملا خرد شده دارای نرخ تخمیر نشاسته بیشتری نسبت به دانه های غلات درشت خرد شده هستند. دانه های غلات سیلو شده با رطوبت بالا، با نرخ خیلی بیشتری نسبت به دانه های غلات خشک مشابه خود تخمیر می شوند و همچنین افزایش مقادیر نشاسته جیره ممکن است باعث افزایش نرخ تخمیر نشاسته شود (مایلز و همکاران،۱۹۹۹).

۲-۲- دانه جو

گیاه جو[1] در دامنه وسیعی از شرایط محیطی رشد می‌نماید اما در اقلیم‌های سرد و خشک عملکرد بهتری دارد (پوئل من، ۱۹۸۵). دانشمندان گیاه شناس عقیده دارند که جو یکی از قدیمی ترین گیاهان زراعی بوده و مبدا آن را برخی از گیاه شناسان از آفریقا و عده ای نیز از آسیا به خصوص سوریه می دانند (کارلسون و همکاران،۱۹۸۳). قدیمی ترین دانه جو از ارقام دو ردیفه وحشی می باشد که در حفاری های جنوب اروپا بدست آمده و معلوم شد که در عصر حجر کشت می شده است. این گیاه از شمال سوئد، خاورمیانه تا مصر، همچنین از سطح دریا تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری هیمالیا کشت می شده است. نام جو در ایران از کلمه "Jav"، که در زبان پهلوی به این گیاه اطلاق می شده، گرفته شده و در هند نیز "Jau" نام دارد. در حال حاضر اهمیت جو در دنیا تقریبا برابر با گندم است ولی تولید آن نصف تولید گندم می باشد (موریسون و همکاران،۱۹۸۶).

جوهایی که در مناطق مختلف جهان کشت می شوند از نظر زراعی به انواع بهاره و پائیزه تقسیم می شوند. طول دوره زندگی جوهای بهاره کمتر از انواع پائیزه بوده (حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز) و به همان نسبت احتیاجات آنها از نظر گرما، نور و مواد غذایی کمتر بوده و ریشه آنها ضعیف تر، مقدار محصول آنها نیز کمتر از جوهای پائیزه می باشد و اکثرا به مصارف صنعتی و تهیه نوشابه می رسند (آرنت،۲۰۱۳). جوهای بهاره اغلب از نوع دو ردیفه می باشند. در جوهای پائیزه ریشه آنها قطورتر، طویل تر از انواع بهاره، مقدار محصول آنها بیشتر و طول دوره زندگی آنها زیادتر و حدود ۲۴۰ تا ۲۷۰ روز بوده و اغلب از نوع شش ردیفه می باشند.

در بین غلات، دانه جو بیشترین سازگاری را دارا است و در اقلیم‌هایی که برای کاشت سایر غلات مناسب نیست، کاشته می‌شود. در مقایسه با گندم، ذرت و برنج، جو کاربرد کمتری در تغذیه انسان دارد. با این حال، در مناطقی که کشت سایر غلات محدودیت دارد. جو یک ماده غذایی در تغذیه انسان محسوب می‌شود (پوئل من،

[1] *Hordeum vulgare L.*

۱۹۸۵). علاقه به استفاده از جو در تغذیه انسان ممکن است با توجه به اثرات بتاگلوکان محلول دانه جو در کاهش کلسترول خون و کاهش بیماری قلبی باشد (مک اینتاش و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین گزارش شده است که دانه جو سبب کاهش غلظت گلوکز در بیماران دیابتی و کاهش سرطان روده بزرگ می‌شود (بوس و بومن، ۱۹۹۶). دانه جو مهمترین غله در تغذیه گاوهای شیرده در ایران است و در اقلیم های مختلف کشور امکان کاشت آن وجود دارد و در هر یک از اقلیم ها جوهایی کشت می شود که دارای خصوصیات بوتانیکی متفاوتی هستند.

۱-۲-۲-ترکیب شیمیایی دانه جو

دانه جو به عنوان یک منبع انرژی و پروتئین، بیشتر در تغذیه گاوهای شیرده و پرواری استفاده می‌شود. مقدار مواد مغذی آن با دانه ذرت، گندم، یولاف و سورگوم قابل مقایسه است (NRC،۱۹۹۶). مقدار پروتئین دانه جو بیشتر از دانه ذرت است. بنابراین در استفاده از آن نیاز کمتری به افزودن منابع پروتئینی به جیره خواهد بود. در یک مطالعه، ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم ماده خشک ۷۳ رقم جو مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار نشاسته، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و قابلیت هضم ماده خشک آن‌ها پس از سه ساعت انکوباسیون به ترتیب ۳۸۷ تا ۵۹۳، ۱۵ تا ۹۶ و ۸۲ تا ۶۲۱ گرم در کیلوگرم بود (بومن و همکاران، ۱۹۹۶). دانه جو بر اساس ماده خشک معمولاً دارای ۸۰ درصدکربوهیدرات می‌باشد که حدود ۶۵ درصد آن به صورت نشاسته است. نشاسته جو مانند گندم و ذرت، معمولاً دارای ۷۵ درصد آمیلوپکتین و ۲۵ درصد آمیلوز است (کومبز و هین من، ۱۹۸۹).

در منابع علمی مقدار انرژی دانه جو متنوع گزارش شده است، به طوری که در NRC سال ۲۰۰۱ مقدار انرژی قابل متابولیسم و انرژی خالص شیردهی آن به ترتیب ۱۲/۴۹ تا ۱۴/۱۶ و ۷/۴۲ تا ۸/۳۴ مگا ژول در کیلوگرم گزارش شده که علت آن تنوع ارقام جو و شرایط رشد بیان شده است. داده‌های ارایه شده توسط NRC سال ۱۹۹۶ نیز نشان می‌دهد که دانه جو در مقایسه با سایر دانه‌ها دارای نوسان بیشتری می‌باشد.

۲-۲-۲- مقایسه دانه جو با سایر غلات

در بین منابع خوراکی، غلات بخش مهمی از جیره غذایی نشخوارکنندگان و حیوانات تک معده ای را تشکیل می دهند و نقش مهمی در تامین انرژی و تا اندازه ای پروتئین دارند. غلات به طور متوسط ۲۵ تا ۳۰ درصد انرژی، ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۷۰ تا ۸۰ درصد نشاسته مورد نیاز گاوهای شیرده را تامین می کنند. براساس گزارش سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی سازمان ملل (فائو ۲۰۱۲) حجم کل تولید غلات در جهان و ایران برای سال

زراعی۲۰۱۲ به ترتیب برابر۲/۵ میلیارد تن و ۲۰ میلیون تن بود. جو از جمله غلات مهم در تغذیه نشخوارکنندگان می باشد و بسته به قیمت با نسبت های مختلف در جیره غذایی نشخوارکنندگان استفاده می شود. میزان تولید جو در ایران برابر ۳/۴ میلیون تن گزارش شده است (فائو،۲۰۱۲). نتایج مطالعات انجام شده نشان داده اند که غلات و واریته های درون غلات به لحاظ ترکیب شیمیایی (NRC , ۲۰۰۱) نرخ و مقدار تجزیه پذیری شکمبه ای (نوسک و تامینگا،۱۹۹۱) و بخش های پروتئین و کربوهیدرات (اسنیفن و همکاران،۱۹۹۲، لانزاس و همکاران،۲۰۰۷) تفاوت های معنی داری دارند. دانه جو در مقایسه با سایر غلات دارای مقادیر بالایی از دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز، پتاسیم و ویتامین A و مقادیر پائین چربی و نشاسته است.جو در مقایسه با یولاف پنج برابرکلسیم بیشتری دارد و در مقایسه با ذرت دو برابر مس، مولیبدن و منیزیم دارد. اما به لحاظ روی فقیر می باشد. مقدار ویتامین B_{12} و C در جو نسبت به دیگر غلات کم می باشد. تنوع زیادی در ترکیب شیمیایی دانه جو در مطالعات مختلف گزارش شده وجود دارد. بخش های پروتئین،کربوهیدرات و مقادیر انرژی گزارش شده در منابع مختلف تنوع زیادی دارد. مطالعات اخیر انجام شده نشان داده اند که ساختار مولکولی پروتئین، کربوهیدرات و چربی می تواند کیفیت پروتئین، مصرف مواد مغذی، قابلیت دسترسی و خصوصیات هضم پروتئین و نشاسته را تحت تاثیر قرار دهد، (یو و همکاران،۲۰۰۲، فاکس و همکاران،۲۰۰۳).

چندین ویژگی دانه جو را از ذرت و سورگوم متمایز می‌سازد. دانه جو دارای مقدار الیاف بیشتری بوده و در نتیجه دارای نشاسته کمتری در مقایسه با دانه ذرت است (هانت،۱۹۹۶). کربوهیدرات‌های موجود در الیاف معمولاً قابلیت هضم کمتری دارند و در نتیجه انرژی قابل دسترس کمتری در مقایسه با نشاسته فراهم می‌نماید (پلاسنشیا و همکاران،۲۰۰۷). آندوسپرم جو، نسبت کمتری از کل وزن دانه را تشکیل می‌دهد از اینرو پوسته جو در مقایسه با سایر دانه‌ها دارای مقدار نشاسته کمتری می‌باشد (هانت، ۱۹۹۶). ناپدید شدن ماده خشک غلات به عوامل متعدد و پیچیده‌ای از قبیل مصرف خوراک، تغییرات فیزیکی و شیمیایی خوراک، سازگاری میکروارگانیزم‌های شکمبه و مدت زمان دسترسی به خوراک وابسته است (هانتینگتون، ۱۹۹۷).

میانگین مقدار نشاسته دانه ذرت ۷۱۹ گرم درکیلوگرم با دامنه ۶۳۷ تا ۷۸۴ گرم درکیلوگرم، در صورتی که میانگین نشاسته دانه جو ۶۴۶ گرم درکیلوگرم با دامنه ۵۲۲ تا ۷۱۷ گرم درکیلوگرم گزارش شده است (هانت، ۱۹۹۶). علاوه بر مقدار نشاسته، از نظر نرخ تجزیه نشاسته نیز تفاوت‌هایی بین جو و سایر غلات وجود دارد. به عبارت دیگر تجزیه پذیری نشاسته جو بیشتر از ذرت و سورگوم می‌باشد. بنابراین، اگرچه مقدار نشاسته جو ممکن

است پایین باشد اما نشاسته آن به طور زیادی هضم می‌شود و خیلی بیشتر مورد استفاده حیوان قرار می‌گیرد (هانت، ۱۹۹۶). در قسمت‌های پایین دستگاه گوارش، اهمیت این عوامل در استفاده حیوان نشخوار کننده از انرژی، بیشتر روشن می‌گردد.

به خوبی روشن شده است که قابلیت هضم نشاسته جو، گندم و یولاف در نشخوارکنندگان بیشتر از نشاسته ذرت و سورگوم می‌باشد. والدو (۱۹۷۳) تجزیه‌پذیری نشاسته جو و ذرت را در شکمبه به ترتیب ۹۴ و ۷۸ درصد گزارش نمود. در آزمایش دیگری نیز نتایج انکوباسیون برون تنی نشاسته چند گونه از دانه‌های غلات به مدت یک ساعت نشان داد که نشاسته یولاف بیشترین (۲۸۰ گرم در هرکیلوگرم) تجزیه‌پذیری و نشاسته ذرت و مایلو کم‌ترین (به ترتیب ۱۳۰ و ۹۰ گرم در کیلوگرم) تجزیه‌پذیری را داشتند. تجزیه‌پذیری نشاسته جو نیز حد واسط آن‌ها (۱۸۰ گرم درکیلوگرم) بود. با فرض نرخ عبور ۶ درصد در ساعت، قابلیت هضم جو، ذرت و سورگوم در شکمبه به ترتیب ۷۸، ۵۴ و ۳۸ درصد بود (هررا–سالدانا و همکاران، ۱۹۹۰). البته قابلیت هضم بخش الیافی دانه جو، عامل مهم دیگری است که ممکن است بر قابلیت دسترسی انرژی جو اثر داشته باشد. تفاوت در تجزیه‌پذیری الیاف منابع علوفه ای به خوبی مشخص شده است و وجود چنین تفاوتی در قابلیت هضم بخش الیافی مواد دانه‌ای نیز کاملاً منطقی به نظر می‌رسد.

در سال‌های اخیر در رابطه با اصلاح ژنتیکی این محصول، بیشتر تلاش‌ها در رابطه با ویژگی‌های نوشیدنی های دانه جو معطوف شده است، و در رابطه با ارزش غذایی دانه جو، بیشتر برنامه‌های اصلاحی در رابطه با بهبود کیفیت دانه جو برای طیور و خوک بوده است. ماحصل این تلاش‌ها منجر به تولید ارقام فاقد پوشینه سخت در جو شد (کلاسن و همکاران، ۱۹۸۸). در مقایسه با ارقام پوشینه دار، ارقام بدون پوشینه مقدار الیاف خام کمتری دارند و به دلیل نداشتن پوشینه، مقدار نشاسته بیشتری دارند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰). بیشتر الیاف دانه جو در پوشینه آن قرار دارد در صورتی که نشاسته در آندوسپرم قرار دارد (هانت، ۱۹۹۶). دانستن تنوع بین ارقام مختلف از نظر ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم می‌تواند برای متخصصین اصلاح نباتات برای اتخاذ استراتژی جهت بهبود کیفیت غذایی جو کمک نماید (بومن و همکاران، ۲۰۰۱).

۳-۲-۲- عوامل موثر بر ارزش غذایی دانه جو

رقم دانه جو، چگالی و شرایط کاشت آن مهم‌ترین عوامل موثر بر ارزش غذایی دانه جو هستند.

۱-۳-۲-۲- رقم جو

واریته جو (جو دو ردیفه در مقابل شش ردیفه، نوع خوراکی در مقابل جو مالت، جو پوشینه‌دار در مقابل جو بدون پوشینه و جو فاقد آمیلوز در مقابل جو آمیلوزدار) بدون در نظر گرفتن شرایط کشت و روش‌های زراعی می‌تواند بر عملکرد حیوان اثر داشته باشد.

در آزمایشی که در سال۲۰۰۱ انجام شد، ارقام جو شش ردیفه، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بیشتر و اندازه ذرات بزرگ‌تر ($p<۰/۰۰۱$)، نشاسته و قابلیت هضم ماده خشک کمتری ($p<۰/۰۰۱$) در مقایسه با ارقام جو دو ردیفه داشتند (بومن و همکاران، ۲۰۰۱). مقدار نشاسته در ارقام بدون پوشینه در مقایسه با ارقام جو پوشینه دار، بیشتر ($p<۰/۰۱$) ولی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و قابلیت هضم ماده خشک، کمتر ($p<۰/۰۱$) بود (بومن و همکاران، ۲۰۰۱).

در قابلیت هضم ماده خشک ارقام مختلف یک گونه از غلات واریانس زیادی وجود دارد. نتایج یک مطالعه در سال ۱۹۹۵ نشان داد که ناپدید شدن نشاسته ذرت رقم ویتروس[۱] در مقایسه با ذرت آردی[۲] کمتر بود (۵۸ درصد در مقابل ۷۱ درصد، میچالت-دورو، چامپیون، ۱۹۹۵). بومن و همکاران (۲۰۰۱) حدود ۱۵۰۰ نوع جو را بررسی کردند و یک تنوع در قابلیت هضم ماده خشک آن‌ها مشاهده کردند، به طوری که قابلیت هضم ماده خشک آن‌ها پس از سه ساعت، ۸/۲ تا ۶۲/۱ درصد بود. آن‌ها گزارش کردند که مقدار قابلیت هضم ماده خشک در جوهای شش ردیفه در مقایسه با جوهای دو ردیفه کمتر بود. این نتایج با یافته‌های مطالعات بوس و بومن (۱۹۹۶) که تفاوتی بین قابلیت هضم ماده خشک جو دو ردیفه هارینگتون[۳] و قان هیلد[۴] با جو شش ردیفه مدالیون[۵] مشاهده نشده بود، مغایرت داشت. اونل و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که ضریب تبدیل در گوساله‌های پرواری تغذیه شده با جو دو ردیفه هارینگتون در مقایسه با جو شش ردیفه بویر[۶]، هسک[۷] و استپتوی[۸] بیشتر بود.

۱-Vitreous
۲- Floury
۳-Harrington
٤-Gunhild
٥-Medallion
٦-Boyer
۷-Hesk
۸-Steptoe

۲-۳-۲-۲- همبستگی بین چگالی و ارزش غذایی دانه جو

در گذشته ارزش غذایی دانه جو بر اساس چگالی برآورد می‌شد، اما اکنون متخصصین تغذیه، برای پیش بینی دقیق‌تر ارزش غذایی آن، مولفه‌های دیگری از قبیل نشاسته و الیاف را مد نظر قرار می‌دهند. اگرچه، یک همبستگی بین چگالی و مقدار نشاسته یا الیاف وجود دارد، ولی این همبستگی کامل و دقیق نیست. با بلوغ دانه، مقدار نشاسته‌ای که در آندوسپرم قرار دارد افزایش و نسبت الیاف که در قسمت پوسته قرار دارد کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه نشاسته متراکم‌تر از الیاف می‌باشد، لذا با پر شدن دانه و افزایش مقدار نشاسته، چگالی دانه افزایش می‌یابد. رینولدز و همکاران (۱۹۹۲) همبستگی بین چگالی با مقدار ADF را ۰/۴۴- و همبستگی بین چگالی با نشاسته را ۰/۴۷ گزارش نمودند. جالب توجه این است که همبستگی این دو ترکیب شیمیایی با چگالی تقریباً یکسان بود.

اونل و همکاران (۱۹۹۸) شش رقم دانه جو را که مقدار نشاسته آن‌ها از کم تا زیاد بود بررسی کردند و نتایج نشان داد که ارقامی که مقدار نشاسته بیشتری داشتند مقدار NDF آن‌ها کمتر بود. اختلاف در مقدار نشاسته باعث ایجاد اختلاف در افزایش وزن روزانه نگردید اما ارقامی که مقدار نشاسته بیشتری داشتند راندمان تبدیل آن‌ها نیز بیشتر بود. نتایج این دو مطالعه از چند لحاظ حایز اهمیت است اولاً، تنوع در کیفیت جو ممکن است سبب ایجاد اختلاف در افزایش وزن روزانه نگردد. با این حال، راندمان خوراک ممکن است کاملاً به عوامل کیفی جو وابسته باشند. راندمان خوراک به طور گسترده‌ای به عنوان متغیر اقتصادی مهم‌تر از عملکرد دام در نظر گرفته می‌شود، بنابراین بهبود در راندمان تولید حیوان می‌تواند با افزایش ارزش غذایی جو حاصل شود. ثانیاً به نظر می‌رسد چگالی در مقادیر کم همبستگی زیادی با عملکرد دام داشته باشد، اما اگر چگالی زیاد باشد این نمی‌تواند یک شاخص قابل اعتماد برای عملکرد دام باشد. به عبارت دیگر، مقدار نشاسته و الیاف، شاخص‌های قابل اعتمادی از عملکرد دام در دامنه وسیعی می‌باشند.

نتایج مطالعات بعدی نشان داد که اگرچه مقدار نشاسته اثری بر عملکرد دام نداشت، اما با افزایش مقدار نشاسته راندمان خوراک افزایش یافت (آفنر و ساوانت،۲۰۰۴). همچنین روشن گردید که با افزایش مقدار نشاسته، مقدار بتاگلوکان افزایش یافت و جوهای با مقدار بتاگلوکان بیشتر، راندمان خوراک بهتری داشتند، قابلیت هضم بتاگلوکان ۹۸۱ تا ۹۹۰ گرم در کیلوگرم بدست آمد، اگرچه بتاگلوکان برای غیرنشخوارکنندگان مطلوب نیست. ضریب همبستگی راندمان خوراک با بتاگلوکان، نشاسته، NDF وADF به ترتیب ۰/۰۶۹/۶۲، ۰/۷۳ و ۰/۹ گزارش شد (انگستروم و همکاران، ۱۹۹۲).

۳-۳-۲-۲- شرایط کاشت

مقدار پروتئین خام ارقامی که دچار تنش آبی بودند، در مقایسه با آن‌هایی که آبیاری‌شان معمولی بود، بیشتر بود (گرویا و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج این آزمایش نشان داد که چگالی جوهایی که در زمان رشد کمتر آبیاری شده بودند در مقایسه با آن‌هایی که بیشتر آبیاری شده بودند، بیشتر بود (گرویا و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج این پژوهش‌ها همبستگی منفی بین مقدار پروتئین خام و مقدار انرژی را نشان دادند. این همبستگی به دلیل متغیر بودن مقدار نشاسته در ارقام مختلف جو است. در دانه های کوچک، مقدار نشاسته پایین (و مقدار الیاف زیاد است) و متناسب با آن مقدار پروتئین نیز بالاست (هانت، ۱۹۹۶).

۳-۲- بیوسنتز نشاسته

سنتز نشاسته در گیاهان سبز در دو مرحله صورت می‌گیرد. نشاسته ناپایدار، یا نشاسته برگ، در طول روز و هم‌زمان با انجام فتوسنتز در کلروپلاست صورت می‌گیرد (شاتون و گاروود،۱۹۸۴). زمانی که فتوسنتز صورت نمی‌گیرد، نشاسته برگ تجزیه می‌شود و ساکاروز تشکیل می‌شود، و سپس به بافت‌های تحتانی منتقل می‌گردد (قینا و همکاران، ۱۹۹۳، ماتیسون، ۱۹۹۶). گرانول‌های نشاسته در گیاهان سبز در آمیلوپلاست‌ها، که دارای آنزیم‌های مورد نیاز برای سنتز پلیمر نشاسته هستند، ساخته می‌شوند (کیلینک و همکاران، ۱۹۸۸، مارتین و اسمیت، ۱۹۹۵). مکانیزم بیوسنتز نشاسته به ویژه تنظیم واکنش‌ها مشخص نیست. در این مسیر آنزیم‌هایADP–گلوکز پیروفسفوریلاز، نشاسته ساز[۱] و آنزیم شاخه ساز نشاسته مورد نیاز است (قینا و همکاران، ۱۹۹۳، ماتیسون، ۱۹۹۶).

۱-۳-۲- انواع گرانول‌های نشاسته

گرانول‌های نشاسته در دانه جو به دو صورت A و B می‌باشند. گرانول نوع A بزرگ (۱۵ تا ۲۵ میکرومتر) و به شکل عدسی بوده و گرانول نوع B کوچک (کمتر از ۱۰ میکرومتر) و کروی است. گرانول‌های نوع B، از نظر تعداد ۸۰ تا ۹۰ درصد تعداد کل گرانول‌ها و از نظر وزن تنها ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن آن‌ها را تشکیل می‌دهند. گرانول‌های دانه ذرت تنها در فرم کروی که اندازه آن‌ها بین ۵ تا ۳۰ میکرومتر است، می‌باشند و در طی بلوغ ابتدا گرانول‌های بزرگ تشکیل می‌شوند (واتسون، ۱۹۸۷). در صورتی که در دانه جو ۱۵ روز پس از گل دادن گرانول‌های کوچک تکامل می‌یابند (کارلسون و همکاران، ۱۹۸۳). پس از این مرحله، گرانول‌های بزرگ تنها از نظر اندازه بزرگ

۱-Starch syntetase

می‌شوند اما هر روز گرانول‌های کوچک بیشتری ساخته می‌شود. تنظیم تعداد گرانول‌ها در دانه گندم و جو مشخص نشده است (موریسون و همکاران، ۱۹۸۶).

۲-۳-۲- ساخت آمیلوز و آمیلوپکتین

آمیلوز و آمیلوپکتین از گلوکز-ADP، که از گلوکز-۱- فسفات و ATP در طی یک واکنش که به وسیله آنزیم ADPGPPase کاتالیز می‌شود، ساخته می‌شود (مارتین و اسمیت، ۱۹۹۵). ساخت نشاسته توسط آنزیم نشاسته ساز تسهیل می‌شود و این آنزیم، سنتز پیوند آلفا ۱-۴ را کاتالیز می‌کند. آنزیم نشاسته ساز، دو فرم مختلف دارد یکی به گرانول‌های نشاسته متصل می‌شود و دیگری در بخش محلول آمیلوپلاست است. در طی بلوغ، هر دو پلیمر نشاسته به طور هم‌زمان ساخته می‌شوند اما در آغاز سنتز، مقدار آمیلوپکتین بیشتر از آمیلوز است (شانون و گاروود، ۱۹۸۴). مارتین و اسمیت (۱۹۹۵) بیان کردند که مولکول آمیلوز به وسیله گرانول-باند نشاسته ساز[۱] که در مولکول آمیلوپکتین قرار دارد ساخته می‌شود. مولکول آمیلوپکتین به وسیله همکاری آنزیم‌های خیلی پیچیده ساخته می‌شود. شاخه آلفا۱-۶ به وسیله آنزیم شاخه ساز نشاسته که پیوند آلفا ۱-۴ را در داخل یک زنجیره هیدرولیز و سپس تشکیل پیوند آلفا ۱-۶ را کاتالیز می‌کند، ساخته می‌شود (مارتین و اسمیت،۱۹۹۵).

۳-۳-۲- تفاوت آمیلوز و آمیلوپکتین

پلیمر آمیلوز به صورت مولکول خطی و بلند با شاخه جانبی بسیار کم (کمتر از ۱ درصد) می‌باشد (بال و همکاران، ۱۹۹۶ و۲۰۰۳) و وزن مولکولی آن تقریباً ۵۰۰۰۰۰۰ گرم در مول است. بولون و همکاران (۱۹۹۸) تخمین زدند که تعداد مولکول‌های آمیلوز در یک گرانول نشاسته (با قطر ۲۰ میکرومتر و چگالی ۱/۵ گرم در سانتی متر مکعب) $۱/۸\times۱۰^{۹}$ می‌باشد. نتایج غالب مطالعات نشان دادند که مقدار آمیلوز بیشتری در گرانول‌های بزرگ جو (پالمر، ۱۹۸۹، موریسون و همکاران، ۱۹۹۵) وجود دارد. در صورتی که در تعدادی مطالعه نیز بیان شده است که ارتباطی بین اندازه گرانول نشاسته و مقدار آمیلوز وجود ندارد (کانو ۱۹۷۷، کانگ و همکاران، ۱۹۸۵). گیاهی با ۱۰۰ درصد آمیلوز وجود ندارد و سیب زمینی با آمیلوز زیاد دارای ۶۰ تا ۸۹ درصد آمیلوز می‌باشد (میلارینن، ۲۰۰۲).

آمیلوپکتین دارای شاخه‌های زیادی است. وزن مولکولی آن بسته به نوع گیاه به ۱۰۷ تا ۱۰۹ گرم در مول می‌رسد. از مدت‌ها قبل، گیاهی دارای ۱۰۰ درصد آمیلوپکتین شناخته شده است، این گیاه یک نوع ذرت است، که

[۱] Granule-bind starch syntetase (GBSS)

اولین بار در کشور چین شناسایی شد و در اوایل قرن بیستم به آمریکا برده شد. سپس متخصصین ژنتیک گیاهی، ذرت واکسی[۱] را از آن تهیه کردند (شانون و گاروود، ۱۹۸۴).

٤-۲- عوامل موثر بر هضم نشاسته غلات در نشخوارکنندگان

۱-٤-۲- نقش ماتریکس پروتئینی در هضم نشاسته

تاثیر ماتریکس پروتئینی پیرامون گرانول های نشاسته بر نرخ و مقدار هضم آن به مراتب بیش از تاثیر خود نشاسته است (مک آلیستر و چنگ،۱۹۹۶). گرانول های نشاسته در غلات به وسیله ماتریکس پروتئینی احاطه شده و به عنوان یک سد مانع تجزیه گرانول های آن به وسیله میکروارگانیزم ها می شوند. گرانول های نشاسته در ذرت نزدیک هم هستند و ارتباط محکمی با ماتریکس پروتئینی دارند در صورتی که در گندم و جو به این صورت نیست. باکتری های شکمبه وقتی در معرض گرانول های نشاسته قرار می گیرند، با ایجاد شیارهایی از ماتریکس پروتئینی عبور می کنند و از داخل شروع به هضم گرانول های نشاسته می کنند، به طوری که در آخر تنها ماتریکس پروتئینی اطراف گرانول ها باقی می ماند. سینگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که قابلیت هضم نشاسته همبستگی منفی با پروتئین های زئین و همبستگی مثبت با گلوتنین دارد. مک آلیستر و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که بیشتر تفاوت های موجود در هضم نشاسته غلات به علت تفاوت در ماتریکس پروتئینی است.

۲-٤-۲- تاثیرمیکروارگانیزم های شکمبه برهضم گرانول های نشاسته

۱-۲-٤-۲- باکتری ها

باکتری های شکمبه مسئول اصلی هضم نشاسته در شکمبه هستند (لانزانس و همکاران،۲۰۰۷). استرپتوکوکوس بوویس[۲]، رومینوباکترآمیلوفیلوس[۳]، پریوتیلارومینوکولا[۴]، بوتریوویبریوفایبرسالونس[۵]، سوکسینوموناس آمیلولتیکا[۶] و باکتری های اصلی هضم کننده نشاسته، سلنوموناس رومینانتیوم[۷] در شکمبه هستند (والاس و همکاران،۲۰۰۲).

۱-Waxy corn

۲ Streptococous bovis

۳ Ruminobacter amylophilus

٤ Prevotellaruminocola

٥ Butryvibrifiberosolovense

٦ Succinomonasamyloltica

۷ Selenomonasruminantium

زانگ و همکاران(۲۰۰۶) گزارش کردند که نوع گرانول نشاسته تاثیر قابل توجهی بر توانایی آنزیم های آمیلولایتیک دارد. مک آلیستر و همکاران(۱۹۹۳) نشان دادند که استفاده از مخلوط میکروارگانیزم ها تاثیر بهتری در هضم نشاسته داشت. روش هضمی که میکروارگانیزم ها جهت هضم گرانول های نشاسته غلات استفاده می کنند نیز متفاوت می باشد. میکروارگانیزم ها برای هضم گرانول های نشاسته در نواحی مختلف از بیرون به داخل حفره هایی را ایجاد می کنند و باعث هضم گرانول های نشاسته می شوند. برعکس برای هضم گرنول های نشاسته ذرت، میکروارگانیزم ها ابتدا با ایجاد شیار به داخل گرانول نفوذ کرده و از داخل به بیرون نشاسته را هضم می کنند. اگرچه روش های هضمی که میکروارگانیزم ها برای هضم نشاسته به کار می برند، متفاوت می باشد، اما اندازه ماتریکس پروتئینی اطراف گرانول های نشاسته بر هضم نشاسته تاثیر ندارد.

۲-۲-٤-۲- پروتوزوآ

پروتوزوآ (هولوتریش[۱] و اینتودینومورف[۲]) قادرند نشاسته را هضم کنند. پروتوزوآ تقریبا مسئول هضم ۵۰ درصد نشاسته در شکمبه هستند. (آفنر و ساوانت،۲۰۰۴). پروتوزوآ با بلعیدن گرانول های نشاسته آنها را هضم می کنند. در این روش اندازه گرانول تاثیر مهمی برسرعت بلعیدن و هضم نشاسته دارد. به طور مثال گرانول های کوچک با اندازه ۳ تا ۸ میکرومتر خیلی سریع تر از گرانول هایی با اندازه ۹ تا ۳۰ میکرومتر توسط پروتوزوآ بلعیده می شوند (سریلا و مارتینز،۲۰۰۳). تاکنون مطالعه ای که نشان دهد تفاوت در ترکیب گرانول تاثیری بر توانایی پروتوزوآ دارد، گزارش نشده است. احتمالا بیشترین تاثیر پروتوزوآ در هضم غلات به توانایی آنها در تعدیل اسیدیته شکمبه و بلع باکتری های آمیلولایتیک و گرانول های نشاسته مربوط می شود (آفنر و ساوانت،۲۰۰۴).

ارسکوف (۱۹۸۶) گزارش کرد که گرانول های نشاسته بلع شده توسط پروتوزوآ برای اینکه به طورکامل متابولیزه شوند تقریبا ۳۶ ساعت طول می کشد و هنگامی که غلات همراه با جیره هایی بر پایه علوفه مصرف می شوند، تعداد پروتوزوآ نیز افزایش می یابد.

---

[۱] Holotrish

[۲] Entodinomorph

۳-۲-٤-۲- قارچ ها

قارچ ها نقش مهمی در هضم دیواره سلولی گیاهان دارند. کوتارسکی و همکاران(۱۹۹۲) گزارش کردند که سهم قارچ ها در بایوماس[۱] شکمبه وقتی که غلات زیادی مصرف می شود، افزایش می یابد. نتایج تحقیق های انجام شده نشان دادند که سه گونه قارچ به نام های اورپینومایسس[۲]، نئوکالیماستیکس پاتریشیاریوم[۳]، پیرومایسس کومیونیس[۴] گرانول های نشاسته ذرت را بیشتر از گندم و جو هضم می کنند (مک آلیستر و همکاران،۱۹۹۳). قارچ ها به دلیل داشتن ریزوئید قادرند به طور مستقیم از ماتریکس پروتئینی اطراف گرانول های نشاسته نفوذ کنند و به طور کامل گرانول های نشاسته را هضم کنند.

۵-۲- هضم آنزیمی نشاسته

آنزیم های مهمی از جمله آمیلوگلوکوزیداز، ایزوآمیلاز، آلفاآمیلاز، بتاآمیلاز، فسفوریلاز و پولوناز در هضم نشاسته دخالت دارند. بیشتر مطالعات بر روی آنزیم آلفاآمیلاز حاصل از باکتری استرپتوکوکوس بویس انجام شده است (گالانت و همکاران،۱۹۹۲) و تنها یک مطالعه از آلفاآمیلاز حاصل از باکتری فیبروسالونس منتشر شده است. تحقیقات برای استخراج و تعیین آلفاآمیلازی که بتواند پیوندهای ۱-۶ در آمیلوپکتین را هیدرولیز کند، انجام نشده است. گرانول های نشاسته آزاد در مایع شکمبه خیلی سریع تر هیدرولیز می شوند (کان،۱۹۹۱).

٦-۲- غلظت و قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته

نشاسته در حدود ۲۰ تا ۲۸ درصد ماده خشک در جیره گاوهای شیرده را تشکیل می دهد. تغییر میزان و قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته در جیره های غذایی (با استفاده از منابع مختلف نشاسته و فرآوری های مختلف) می تواند میزان گوارش پذیری نشاسته،pH شکمبه، گوارش پذیری الیاف، میزان و الگوی جذب ترکیبات انرژی دار مانند استات، پروپیونات، لاکتات و گلوکز را تحت تاثیر قرار دهد (مک آلیستر و همکاران،۱۹۹۳). تغذیه جیره های غذایی با قابلیت تخمیر شکمبه ای بالای نشاسته یا جایگزینی منابع با قابلیت تخمیر بیشتر و سریع تر به جای منابع نشاسته با قابلیت تخمیر کم یا تخمیر کنترل شده تر، قادر به افزایش تخمیر نشاسته در شکمبه بوده و سبب کاهش

---

[۱] Biomass

[۲] Orpinomyces

[۳] Neocallimastix Patriciarum

[٤] Piromyces Communis

میزان خوراک و انرژی مصرفی می گردد. در پژوهش های مختلف بیش از سه کیلوگرم کاهش در میزان خوراک مصرفی در هر روز گزارش شده است (بوس و بومن، ۱۹۹۶ب).

دی پیترز و تیلور (۱۹۸۵) در مطالعه ای نشان دادند که استفاده از دانه ذرت مرطوب به عنوان منبع نشاسته با قابلیت تخمیر بالا در مقایسه با دانه ذرت خشک آسیاب شده، به عنوان منبع نشاسته با قابلیت تخمیر کمتر، قادر به کاهش ۸ درصدی مصرف خوراک به واسطه کاهش طول و وعده های غذایی در اواسط دوره شیردهی می شود. استفاده از دانه ذرت پر رطوبت، نرخ تخمیر شکمبه ای نشاسته را در مقایسه با دانه ذرت خشک آسیاب شده حدود دو برابر افزایش داد و منجر به افزایش تولید پروپیونات شد. این امر در نهایت قادر است به واسطه افزایش سرعت و میزان جریان پروپیونات به کبد، تحریک فرآیند اکسیداسیون کبدی و القای سیری، میزان مصرف ماده خشک را در اثر کاهش در اندازه وعده غذایی کاهش دهد.

۲-۷- عوامل موثر بر قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته

قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله نوع منبع نشاسته، نوع غلات (ذرت، گندم، جو، ذرت خوشه ای)، نوع روش فرآوری مانند غلتک زدن، آسیاب کردن، ورقه کردن با بخار، روش انبار داری (نگهداری خشک، سیلو شده)، ترکیب جیره غذایی و برخی خصوصیات حیوان از قبیل جمعیت میکروبی شکمبه و نرخ عبور مواد از شکمبه قرار می گیرد. در حالت کلی نشاسته گندم، جو و یولاف سریع تر از نشاسته ذرت در شکمبه تخمیر می شود. مرحله بلوغ در این ارتباط تاثیرگذار بوده و افزایش بلوغ در زمان برداشت، سبب افزایش در میزان آندوسپرم سخت شده و بنابراین برداشت ذرت در مرحله خشک به منظور تولید دانه خشک ذرت، سبب افزایش تفاوت بین هیبرید های ذرت می شود (بولئون و همکاران،۱۹۹۸).

۲-۸- اندازه گیری غلظت و قابلیت تخمیر شکمبه ای نشاسته

با وجود تفاوت در میزان نشاسته در بین منابع مختلف غلات، درصد نشاسته در هرکدام از دانه ها تا حد زیادی ثابت است. محاسبه مقادیر کربوهیدرات های غیرالیافی (اندازه گیری ترکیباتی مانند الیاف نامحلول در شوینده خنثی، پروتئین خام، عصاره اتری و خاکستر و کسر آن از کل میزان ماده خشک) در جیره های غذایی به دلیل جود سایر بخش های کربوهیدراتی مانند قندها و پکتین و نیز امکان برآورد کمتر از حد به علت وجود نیتروژن غیر پروتئینی در ترکیب مواد خوراکی، جایگزین مناسبی برای اندازه گیری غلظت نشاسته نیست.

اثرات متفاوت نشاسته، قندها و پکتین بر روی جمعیت میکروارگانیزم های شکمبه و تولید متفاوت محصولات نهایی حاصل از تخمیر، نشان دهنده اهمیت تشخیص تفریقی مقادیر بخش های مختلف کربوهیدرات های غیر ساختمانی در کنار تعیین دقیق مقادیر و خصوصیات گوارشی الیاف ساختمانی، با وجود گوارش پذیری شکمبه ای بالای نشاسته، قندها و پکتین است (بیکر و همکاران،۱۹۵۰).

در خوراک های کنسانتره ای، هضم شکمبه ای نشاسته باعث افزایش پروپیونات نسبت به سایر اسید های چرب فرار در مقایسه با جیره هایی بر پایه الیاف می شود. در حالی که عبور نشاسته از شکمبه سبب افزایش فرآهمی گلوکز به منظور جذب روده ای شده یا تبدیل به لاکتات می شود و این در حالی است که قند ها با تخمیر شکمبه ای سبب تولید بوتیرات شده و محصول نهایی متابولیسم پکتین توسط اغلب باکتری های تجزیه کننده پکتین در شکمبه، اسید استیک و اسید فرمیک و به نسبت کمتری اسید پروپیونیک است. محصولات نهایی تخمیر عملکرد متفاوتی در ارتباط با تولید گلوکز دارند. در حالی که اسید فرمیک، استیک و بوتیریک نقشی در تولید گلوکز ندارند (اشتنباخ و همکاران،۲۰۱۰).

خوراک های کنسانتره ای مختلف دارای اثرات متفاوت بر تخمیر هستند. با وجود این که محتوی خیلی مشابهی از نشاسته در بین غلات وجود دارد ولی غلات دارای اثرات بسیار متفاوت بر روی نرخ های تخمیر و همچنین بر بروز اسیدوزیس شکمبه ای هستند. دانه غلات به صورت یک منبع مستقل عمل نکرده و محصولات ناشی از تخمیر کنسانتره ها تحت تاثیر محتوای الیاف و پروتئین جیره قرار می گیرند. علاوه براین فرآوری های مختلف دانه غلات اثرات قابل توجهی بر روی عملکرد شکمبه دارند (ماتیسون،۱۹۹۶).

۹-۲- انرژی زایی نشاسته

اگرچه تخمیر نشاسته در مقایسه با تبدیل آن به گلوکز توسط آنزیم های درون زادی حیوان ۲۰ درصد کمتر انرژی تولید می کند، اما تخمیر میکروبی کربوهیدرات های ساختمانی یک مزیت و سودمندی برای این حیوانات در جیره های با الیاف بالا است (هپتون،۱۹۹۴). به هر حال امکان فرآوری مواد متراکم (برای مثال ریز خرد کردن ذرت) برای افزایش عبور نشاسته به روده باریک و بدست آوردن سود و کارآیی بیشتر در زمان استفاده از آن وجود دارد.

مواد متراکم با توجه به ترکیب شیمیایی (سرعت های بالاتر برای قند ها و نشاسته ها)، سطح فرآوری (پوسته کردن ظریف، اندازه ذرات کوتاه تر، خیلی سریع)، ساختار فیزیکی نشاسته (نشاسته ذرت خیلی کمتر از نشاسته گندم

قابل دسترس است) و پلی ساکارید های غیر نشاسته ای که بر روی قابلیت دسترسی نشاسته ها تاثیر می گذارند، دارای نرخ های تخمیر متفاوتی هستند. مقدار تخمیر شکمبه ای هم بوسیله نرخ خروج شکمبه تحت تاثیر قرار می گیرد. به طوری که نرخ های بالاتر خروج از شکمبه باعث تخمیر کمتر خواهد شد. غلات به طور قابل توجهی از نظر پاسخ pH شکمبه در طول زمان به آن ها، از نظر غلظت پروپیونات، والرات و آمونیاک در شکمبه و از نظر خطر اسیدوز با هم تفاوت دارند (مک آلیستر و همکاران،۱۹۹۶).

گوارش آزمایشگاهی نشاسته با مایع شکمبه روشی مورد پذیرش در تعیین تفاوت منابع مختلف نشاسته ای در خصوص سرعت نسبی گوارش است. این آزمون را می توان با نمونه های کشت شده در مایع شکمبه بافری در ساعات متوالی و ارزیابی میزان نشاسته گوارش یافته و نرخ ناپدید شدن نشاسته در واحد زمان (فراسنجه های کینتیکی) یا با انکوباسیون تک زمانه به طور مثال پس از ۷ ساعت قرارگیری در معرض مایع شکمبه (به نظر می رسد این زمان، متوسط زمان مناسب برای باقی ماندن نشاسته در شکمبه گاوهای شیرده باشد) انجام داد (آفنر و همکاران،۲۰۰۳). این آزمون ها با قابلیت ارائه پیش بینی مناسب از میزان گوارش پذیری شکمبه ای درون تنی نشاسته، در دام زنده بکار می روند. با این حال ضرایب درون تنی گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته تحت تاثیر عواملی مانند فعالیت آنزیمی مایع شکمبه و اندازه ذرات منابع نشاسته تحت تاثیر قرار گرفته و علاوه برتفاوت در میان دام های مختلف، درمیان منابع نشاسته نیز بسیار متغیر است (بجورک و همکاران،۱۹۸۴).

با این حال، روش های آزمایشگاهی اطلاعات مفیدی برای مقایسه منابع مختلف نشاسته ای در ارتباط با نرخ های نسبی تخمیر در شکمبه ارائه نموده اند. نتایج حاصل از مطالعات برون تنی می توانند تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار گیرد و استفاده از روش های استاندارد انجام آزمون در ارائه نتایج قابل اطمینان بسیار موثر است.

به دلیل تفاوت فردی بین گاوهای مورد استفاده درتهیه مایع شکمبه، در خصوص فعالیت آنزیم های آمیلاز و پروتئاز مایع شکمبه، تاثیر زمان نمونه گیری نسبت به زمان مصرف خوراک بر فعالیت آنزیمی و اثر جیره غذایی بر جمعیت غالب میکروارگانیزمی، تنوع آنزیمی و درجه فعالیت آنزیم ها، حائز اهمیت است (هیندل و همکاران،۲۰۰۵).

۲-۱۰- نرخ تخمیر

نرخ تخمیر (K_d) چگونگی ناپدید شدن یک بخش از یک خوراک در واحد زمان را نشان می دهد و معمولا به صورت مدل های نمایی بیان می شوند (آرکوی و همکاران،۲۰۰۵). این نرخ ها فقط برای جزیی از یک بخش خوراک به کار می روند که دارای پتانسیل گوارش پذیری هستند. بخش غیر قابل تخمیر دارای نرخ صفر است.

همچنین به استثنای فاز تاخیر، نرخ ها فقط در طول دوره ای که تخمیر فعال وجود دارد، محاسبه می شوند. اندازه فاز تاخیر بوسیله قابلیت دسترسی سوبسترا، دما، طریقه جابجایی و کارکردن با مایع شکمبه (در مجاورت هوا قرار دادن، سرد کردن و در معرض شرایطی غیر از احیا قرار دادن) یا اینکه آیا حیوان دهنده مایع شکمبه با خوراک حاوی سوبسترای در حال تخمیر تغذیه شده است و سایر موارد تحت تاثیر قرار می گیرد. اندازه ذرات نمونه دارای پتانسیل تغییر تخمیر است. یعنی موادی که خیلی خوب و زیاد ریز شده اند برای تخمیر خیلی قابل دسترس هستند و باعث کاهش اثرات شکل فیزیکی خوراک بر تخمیر می شوند. نرخ های تخمیر معمولا با استفاده از چندین بازه زمانی محاسبه می شوند تا بتوان از این طریق الگوی ناپدید شدن سوبسترا را توضیح داد (شریفی و خادم،۱۳۹۱).

نرخ های رقابتی تخمیر (K_d) و عبور (k_p) از شکمبه نشان می دهد که چه مقدار از بخش قابل تخمیر یک خوراک در شکمبه تخمیر شده و چه مقدار به صورت گوارش نشده از شکمبه عبور کرده است. معادله مورد نیاز برای محاسبه این که چه مقدار از هر بخش در شکمبه تخمیر شده است به صورت $K_d/(K_d + k_p)$ است. برای مثال اگر نشاسته در یک خوراک به مقدار ۱۰ درصد در ساعت تخمیر شود و نرخ عبور هم ۴ درصد در ساعت باشد، مقدار نشاسته ای که از این خوراک در شکمبه تخمیرمی شود $\{(۴+۱۰)/ ۱۰\} \times ۱۰۰$ برابر ۷۱ درصد خواهد بود. اگر K_d فقط ۴ درصد در ساعت باشد، این مقدار برابر۵۰ درصد خواهد بود. اگر k_p به ۷ درصد در ساعت افزایش یابد و K_d هم۴ درصد باشد، مقدار تخمیر شده در شکمبه۳۶ درصد می شود (شریفی و خادم،۱۳۹۱). مقادیر کربوهیدرات و پروتئین تخمیر شده در شکمبه، مقادیر پروتئین میکروبی، اسیدهای تخمیری و گازهای گلخانه ای تولید شده را تشکیل خواهند داد. روش های تخمیر درون تنی، معمولا با تعداد زمان های چندتایی، برای نرخ های تخمیر تقریبی مورد استفاده قرار گرفته اند.

در حال حاضر هیچ روشی خارج از دستورالعمل های پژوهشی برای اندازه گیری مستقیم نرخ های عبور بخش های مایع و جامد وجود ندارد. تاثیر نرخ های گوارش نیازمند این است که از این دید به آن نگاه شود که K_d برای بخش های داخل خوراک ها از جمله کربوهیدرات های محلول در آب، نشاسته و یا پروتئین خام موجود در الیاف نامحلول در شوینده خنثی به کار می رود و خوراک ها هم بخش هایی از جیره ها هستند. تاثیر یک نرخ منفرد بر یک بخش منفرد فقط در صورتی زیاد خواهد بود که آن بخش از خوراک یک قسمت قابل توجه از پروتئین یا کربوهیدرات قابل تجزیه در شکمبه را فراهم کند. مجموع بخش های تخمیر شده، تعیین کننده مقدارکربوهیدرات و پروتئین خوراک مورد استفاده برای حمایت از تخمیر است. سرانجام یک تعادل بین مقادیر مواد سریع، متوسط و

آهسته تخمیر شده برای فراهم کردن مواد قابل تخمیر کافی برای تامین نیازهای انرژی و پروتئین گاوها مطلوب است که این شرایط از تولید خیلی سریع مقادیر خیلی زیاد اسید در شکمبه جلوگیری می کند که این اسید می تواند باعث کاهش اسیدیته و تخمیر الیاف شده و در نتیجه منجر به مشکلات و بیماری های گوارشی شود (هلپلاند و همکاران،۲۰۰۹).

نرخ های تخمیر کربوهیدرات حتی برای یک ماده خوراکی معین، مقادیر واحدی نیستند. نرخ های تخمیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در pH های نسبتا اسیدی تا تقریبا خنثی کاهش می یابد. افزایش K_d نشاسته با افزایش مقدار نشاسته در جیره گزارش شده است، که مقدار آن از ۲۱ به ۳۲ درصد افزایش یافت و یک افزایش بیشتر وقتی که ذرت با رطوبت بالا (۱۷ تا ۲۸ درصد در ساعت) نسبت به حالتی که ذرت به صورت خشک و ریز شده بود (۱۲ تا ۱۵ درصد در ساعت) مشاهده شد. سرعت تخمیر کربوهیدرات های محلول در آب تحت تاثیر مقدار پروتئین قابل تجزیه و قابل دسترس در شکمبه[۱] قرار می گیرد. افزایش در مقدار پروتئین قابل تجزیه در شکمبه وابسته به میزان کربوهیدرات هایی است که به آسانی قابل دسترس اند و در نتیجه کاهش مقادیر کربوهیدرات های ذخیره شده مانند گلیکوژن به این معنی است که کربوهیدرات های موجود در جیره بسیار سریع تر از آنچه که ذخیره شده اند، تخمیر شده اند.

افزایش سرعت تخمیر کربوهیدرات می تواند باعث تولید مقادیر بیشتر اسید لاکتیک شود. اثر دیگر افزایش پروتئین قابل تجزیه در شکمبه مربوط به کربوهدرات قابل دسترس و افزایش در میزان تولید پروتئین میکروبی در هر واحد از کربوهیدرات است. با وجود پتانسیل اثر مثبت بر تخمیر کربوهیدرات و عملکرد میکروبی، افزایش پروتئین خام در تغذیه دام پیشنهاد نشده است (هررا– سالدانا و همکاران،۱۹۹۰). در این ارتباط، کاهش سطوح پروتئین خام در جیره های گاو شیری همیشه تاثیر منفی بر تولید ندارد، بلکه باعث بهبود کارایی استفاده از نیتروژن و کاهش تاثیر منفی صنعت گاوشیری بر روی محیط زیست می شود (پیکیولی– کاپیلی و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۱۱- ارتباط حلالیت پروتئین با گوارش پذیری نشاسته

پروتئین های نامحلول آندوسپرم عامل اصلی مهار گوارش نشاسته بوده و تعیین میزان حلالیت پروتئین به عنوان شاخصی از تفاوت های نسبی در گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته مورد توجه است. همانند روش ارائه شده برای تعیین گوارش پذیری آزمایشگاهی نشاسته با مایع شکمبه، انجام برخی پیش تیمارها در آزمون تعیین حلالیت

[۱] Rumen degradable protein (RDP)

پروتئین مانند آسیاب کردن نمونه ها جهت حذف تفاوت بین منابع مختلف نشاسته ضروری است. با توجه به اینکه این آزمون بیشتر یک اندازه گیری و برآورد شیمیایی است تا یک اندازه گیری بیولوژیکی، لذا نتایج حاصل از این آزمایش نسبت به آزمون تعیین گوارش پذیری برون تنی شکمبه ای نشاسته دارای تغییرات بین دوره ای کمتری است (کان و همکاران،۱۹۹۰).

صحت پیش بینی گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته با تعیین حلالیت پروتئین دارای محدودیت هایی است. در خصوص رابطه بین حلالیت پروتئین و نرخ گوارش شکمبه ای نشاسته و نرخ عبور شکمبه ای نشاسته بوده و علیرغم اینکه اندازه گیری حلالیت پروتئین اطلاعات مفیدی در ارتباط با گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته فرآهم می نماید، اما قادر به تخمین صحیح گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته در شرایط درون تنی نیست (بجورک و همکاران،۱۹۸۴).

۲-۱۲- اندازه گیری گوارش پذیری نشاسته

در حال حاضر برای گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته از یک نقطه زمانی منفرد (در ساعت ۷) و با استفاده از نمونه هایی که نسبتا درشت خرد شده اند، استفاده می شود. خرد کردن درشت تر تا حدی استفاده می شود که خصوصیات فیزیکی دانه غلات می تواند اثرات خود را با ارزیابی های آزمایشگاهی نشان دهد. اندازه ذرات و ماتریکس پروتئینی غلات، قابلیت دسترسی گرانول های نشاسته برای تخمیر بوسیله میکروب های شکمبه را تحت تاثیر قرار می دهند (مک آلیستر و همکاران،۱۹۹۳).

۲-۱۳- اثر مکان هضم بر بازده انرژی زایی نشاسته

نشاسته موجود در غلات، بسته به میزان فرآهمی دانه و محل هضم، محصولات نهایی متفاوتی را تولید می کند و لذا نمی توان مزیت مطلقی را جهت هضم آن در مکان خاصی جستجو کرد. اهمیت مکان هضم در تعیین ارزش غذایی دانه در جدول ۲-۱ بیان شده است (راو وهمکاران، ۱۹۹۹). به گزارش هاتانن و اسوین بورنسون (۱۹۹۷) کارایی انرژی تولید شده از جذب گلوکز در روده باریک بسیار بیشتر از نشاسته هضم شده در شکمبه است. زیرا مقداری انرژی در شکمبه برای تولید متان و تولید حرارت تخمیر مصرف می شود که این مسئله کارآیی انرژی متابولیسمی را کاهش می‌دهد.

جدول۲-۱. اثر مکان هضم نشاسته بر عملکرد نشخوارکنندگان

اثرات منفی	اثرات مثبت
تخمیر شکمبه ای	
تجمع اسید و کاهش pH که احتمال دارد منجر به بروز اسیدوز و کاهش هضم الیاف شود. اتلاف انرژی از طریق گرما، متان و گاز هیدروژن	تامین پروتئین میکروبی و ویتامین ها برای جذب در روده جذب اسیدهای چرب فرار موجب تامین انرژی می شود.
هضم در روده کوچک	
هیچ پروتئین میکروبی تولید نمی شود.	اتلاف انرژی حاصل از تخمیر وجود ندارد. گلوکز جذب می شود که می تواند تولید چربی میان بافتی را افزایش دهد.
تخمیر در انتهای روده	
تجمع اسید و کاهش pH که احتمالا منجر به بروز اسیدوز و کاهش هضم الیاف می شود. اتلاف انرژی از طریق گرما، متان و گاز هیدروژن	جذب اسیدهای چرب فرار موجب تامین انرژی می شود.

در مقایسه با هضم در روده بزرگ، افزایش هضم نشاسته در شکمبه و روده باریک، راندمان تبدیل خوراک را افزایش می دهد، اما مقایسه ضرایب حاکی است که بازده نشاسته هضم شده در شکمبه جهت افزایش وزن گوساله های پرواری، ۳۰ درصد از نشاسته هضم شده در روده باریک کمتر است. این اختلاف بازده به دلیل وجود تفاوت هایی در اتلاف انرژی از طریق متان، گرمای تخمیر و هضم و دفع است. از این رو از نظر بحث انرژی زایی، نشاسته هضم شده در روده باریک نسبت به نشاسته هضم شده در شکمبه ۴۲ درصد انرژی بیشتری تولید می کند(ارسکوف و همکاران، ۱۹۸۷). به گزارش رینولدز و همکاران (۲۰۰۵) با تزریق نشاسته پس از شکمبه فقط ۰/۶۴ و ۰/۷۹

افزایش در کل انرژی مصرفی می‌تواند بعنوان انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم باز جذب گردد و با بازده بیشتری جهت تأمین انرژی بافت ها مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه مکان هضم نشاسته می‌تواند مواد مغذی جذب شده را بطور عمده تحت تأثیر قرار دهد، اما به گزارش ناسک و تامینگا (۱۹۹۱) هضم نشاسته بعد از شکمبه هیچ تأثیری بر تولید شیر ندارد. تخمین قابلیت هضم نشاسته در شکمبه کار پر زحمت و مشکلی بوده و نیازمند نمونه برداری از محتویات شکمبه از طریق فیستولا می‌باشد.

جای تعجب نیست که تجزیه آنزیمی و آزاد شدن گلوکز هم با اندازه ذرات دارای همبستگی هستند. هم روش درون تنی و هم ارزیابی های ترکیب خوراک ها تفاوت های جهت داری در بین نمونه ها را نشان می دهند که توجه به آنها در تنظیم جیره مفید است.

۱۴-۲- اهمیت محل هضم نشاسته

شکمبه و نگاری اولین محل هضم نشاسته هستند، محلی که نشاسته توسط میکروارگانیزم ها به ویژه باکتری های تجزیه کننده نشاسته تخمیر می شود. در مقالات مروری توسط آونز (۲۰۰۶) از نظر تئوری حداکثر توانایی شکمبه در هضم نشاسته بین ۵۰ تا ۹۴ درصد است، بنابراین ۶ تا ۵۰ درصد آن وارد روده باریک عبور می شود. بحث سهم نشاسته هضم شده در شکمبه در مقابل هضم پس از شکمبه ای برای متخصصین تغذیه، جهت بررسی ماده نهایی قابل جذب و پاسخ حیوان مهم می باشد. هضم شکمبه ای نشاسته باعث رشد باکتری های شکمبه،سلامت شکمبه و تولید اسیدهای چرب فرار می شود (آفنر و همکاران،۲۰۰۳). هضم روده ای نشاسته باعث تولید گلوکز آزاد می شود که پس از جذب و ورود به جریان خون می تواند مستقیما توسط بافت پستانی برای سنتز شیر استفاده گردد (لکجل و همکاران،۲۰۰۳). در این حالت تخمین زده می شود که ۴۲ درصد انرژی بیشتری نسبت به تخمیر نشاسته در شکمبه فراهم می شود. افزایش نشاسته عبوری از شکمبه به روده در نشخوارکنندگان برای افزایش بازده انرژی از طریق هضم و جذب گلوکز در اثر هضم نشاسته در روده به جای تخمیر آن در شکمبه (که اسیدهای چرب فرار تولید می شود) به عنوان یک پیشنهاد سازنده بررسی می شود (نولتون و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۱۵- نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای

مقدار نشاسته مقاوم طبیعی غلات بسیار متغیر است. در نشخوارکنندگان نشاسته ای که در مقابل هضم توسط باکتری های آمیلولایتیکی و پروتوزوآ مقاومت کند، نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای[1] نامیده می شود، و این نشاسته عمدتا در روده باریک به گلوکز تبدیل شده و جذب می شود (سانچز- زاپاتا و همکاران،۲۰۱۵). نشاسته مقاوم میزان اسید های چرب کوتاه زنجیر را در شکمبه کاهش داده و از طرفی pH شکمبه را بالا می برد، در صورتی که نشاسته غیرمقاوم علاوه بر کاهش pH شکمبه، میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را نیز افزایش می دهد. نشاسته مقاوم در روده باریک به وسیله آنزیم آمیلاز تجزیه شده و همچنین جذب گلوکز در روده باریک صورت می گیرد و استفاده از این نوع نشاسته ها باعث کاهش خطر ابتلا به بیماری های متابولیکی، بهتر شدن هضم و افزایش گلوکز خون حیوان میزبان می گردد (فولی و همکاران،۲۰۰۶).

هانتینگتون و همکاران(۲۰۰۶) بیان کردند که گاوهای در حال رشد در ایالات متحده، روزانه ۶ کیلوگرم نشاسته (دانه ذرت و سورگوم) مصرف می نمایند. با توجه به این که دامنه هضم نشاسته در شکمبه بین ۷۵ تا ۸۰ درصد است، وقتی که میزان نشاسته ورودی به شکمبه از ۰/۲ به ۲ کیلوگرم افزایش داده شد، قابلیت هضم ظاهری آن در روده باریک ۳۴ درصد کاهش یافت. آنها همچنین بیان کردند ۷۰ درصد از نشاسته ای که وارد روده باریک می شود، به صورت گلوکز وارد خون می شود. افزایش میزان نشاسته، میزان قابلیت هضم آن را در شکمبه افزایش داد و از طرفی افزایش میزان نشاسته ورودی به روده باریک (نشاسته عبوری) هم قابلیت هضم آن را در روده باریک بالا برد. در صورتی که میزان نشاسته مقاوم افزایش یابد، تجزیه آن در بخش ایلئوم روده بالا می رود. لذا افزایش آن با افزایش اکسیداسیون گلوکز و کاهش اکسیداسیون سایر سوبستراها مانند اسید های آمینه ، بازده انرژی را تغییر می دهد (فردین و همکاران،۲۰۱۴).

۲-۱٦- ارزش غذایی دانه جو در تغذیه نشخوارکنندگان

دانه جو به عنوان یک منبع انرژی و پروتئین بیشتر در تغذیه گاوهای شیرده و پرواری استفاده می شود و در مقایسه با ذرت، جو دارای پروتئین، متیونین، سیستئین، لیزین و تریپتوفان بیشتری است و نشان دهنده پتانسیل دانه جو در تامین احتیاجات پروتئین نشخوارکنندگان و به ویژه نشخوارکنندگان پرتولید است (NRC,۲۰۰۱).

[1]Rumen resistant starch (RRS)

گاوهای شیرده پرتولید به مقدار گلوکز بیشتری برای تولید لاکتوز و سنتز چربی شیر (تولید $NADP^+H^+$) از مسیر پنتوز فسفات و نگهداری سیستم عصبی نیاز دارند. گلوکز یکی از مواد مغذی بسیار ضروری برای نشخوارکنندگان است و می تواند از هضم نشاسته و یا از تخمیرکربوهیدرات های وارد شده به درون سلول میکروبی با استفاده از پروپیوناتی که در سلول باکتری تولید می شود و حیوان نشخوارکننده آن را جذب می کند، تامین گردد. گلوکز می تواند از سایر ترکیباتی چون اسیدهای آمینه و یا پپتیدهایی که جذب شده اند وخاصیت گلوکونئوژنیک دارند در بدن حیوان نیز تولید شود (مرتنز، ۱۹۹۳).

گاوهایی که ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم در روز شیر تولید می‌نمایند تقریباً ۲/۵ تا ۴ کیلوگرم در روز گلوکز نیاز دارند (وانگ و جنکینز،۲۰۰۷، مرتنز،۱۹۹۳)، اما تنها مقدار کمی گلوکز (۰/۵ تا ۱ کیلوگرم در روز) از روده باریک جذب می‌شود (مرتنز، ۱۹۹۳). مخزن گلوکز کبد و پلاسما به مقدار ۵۲۰ تا ۵۵۰ گرم می‌باشد، بنابراین ۱ تا ۳ کیلوگرم گلوکز باید از طریق گلوکونئوژنز[۱] برای تولید شیر ساخته شود. در گاوداری‌ها، افزودنی‌های زیادی (از قبیل پروپیلن گلیکول، پروپیونات سدیم و کلسیم یا ویتامین‌های نیاسین و بیوتین) برای بهبود گلوکونئوژنز و افزایش گلوکز برای گاوهایی با تولید بالا استفاده می‌گردد. تاثیرگلوکز بر تولید شیر را می توان به این صورت بیان کرد که وقتی گلوکز تامین شده برای حیوان کم باشد ،اسیدهای آمینه دی آمینه شده و صرف تولید انرژی می شوند، پس اسیدآمینه کمتری برای تولید پروتئین شیر باقی می ماند و چون آمونیاک بیشتری تولید شده، در نتیجه ATP بیشتری برای دفع آن مصرف می شود، که این امر باعث مصرف گلوکز بیشتر می شود (ماتیسون،۱۹۹۶).

با این حال، تغذیه مقدار زیاد دانه با نشاسته تند تجزیه، pH شکمبه و مصرف ماده خشک را کاهش می‌دهد و جمعیت میکروبی شکمبه را تغییر می‌دهد. از سویی استفاده از نشاسته بالاتر در جیره باعث افزایش تولید پروپیونات و کاهش نسبت استات به پروپیونات و هضم الیاف می‌شود و وقوع اسیدوز شکمبه‌ای را نیز افزایش می‌دهد (نولتون و همکاران، ۱۹۹۸). کاهش در ماده خشک مصرفی به واسطه استفاده از منبع نشاسته سریع تجزیه از قبیل گندم و جو در جیره گاوهای تازه زا نیز مشاهده شده است، اما در تغذیه دانه‌های دارای نشاسته کند تجزیه (ذرت و سورگوم) کاهش در مصرف خوراک مشاهده نگردید (تروک مورتون و همکاران، ۱۹۸۴، لوپزسوتو و همکاران، ۲۰۱۴).

بنابراین نیاز به فرآوری دانه‌ها در جیره‌های گاوهای شیرده بیشتر می‌باشد، چرا که حدود ۶۰ درصد انرژی قابل متابولیسم از دانه‌ها تامین می‌گردد (نوردین و کمپلینک، ۱۹۷۶). در تغذیه دانه کامل جو در جیره گاوهای بالغ

۱-Gluconeogenesis

غیر شیرده، بخش قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها هضم نشده و در مدفوع ظاهر می‌شوند. فرآوری شیمیایی دانه‌ها می‌تواند در کاهش اثرات منفی جیره‌های با نشاسته بالا موثر باشد و میزان اثر بخشی آن‌ها در کاهش تجزیه شکمبه‌ای نشاسته، به نوع و غلظت ماده شیمیایی وابسته است. به خاطر این که تغذیه مواد متراکم، محدودیت‌های خاص خود را دارد، لذا تهیه جیره‌ای که احتیاجات انرژی گاوهایی با تولید بالا را در اوایل شیردهی تامین نماید، مشکل است. در نتیجه به دلیل گلوکونئوژنز ناکافی وکاهش سطح گلوکز، تولید شیر محدود می‌گردد و می‌تواند چندین بیماری متابولیکی نیز ایجاد نماید.

۲-۱۷- روش‌های فرآوری برای بهبود بازدهی مواد خوراکی در نشخوارکنندگان

فرآوری ها عمدتا به دو دلیل انجام می شوند، دلیل اول مربوط به عوامل فیزیکی می شود که 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 می باشد و دلیل بعدی مربوط به عوامل شیمیایی می شود که 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 شود. هدف اصلی فرآوری دانه های غلات، بهینه نمودن نشاسته قابل دسترس در روده باریک است که به تبع آن هضم و بازدهی خوراک افزایش می یابد. از آنجا که ۶۰ تا ۸۰ درصد ماده خشک غلات را نشاسته تشکیل می دهد (زین و همکاران،۱۹۹۳)، بکارگیری این روش ها منطقی است ولی روش های فرآوری در دانه های غلات متنوع می باشد زیرا از یک طرف نوع نشاسته در دانه های غلات متفاوت است به طوری که در برخی از دانه ها قابلیت هضم نسبت به سایرین بیشتر می باشد و از طرف دیگر واریته های مختلف در یک دانه ازلحاظ قابلیت دسترسی نشاسته با یکدیگر تفاوت دارند (شایوز و همکاران۲۰۰۵).

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 به صورت زیر تقسیم بندی می کنند:

۱-۱۷-۲- روش‌های فرآوری فیزیکی

در روش‌های فیزیکی که شامل غلتک زدن، آسیاب کردن و شیردارکردن می باشد، لایه بیرونی دانه شکسته می‌شود و اجازه دسترسی میکروارگانیزم های شکمبه و آنزیم‌های گوارشی به محتویات دانه داده می‌شود. حرارت دادن دانه‌ها علاوه بر غلتک زدن و له کردن سبب ژلاتینه شدن نشاسته و افزایش حساسیت به اتصال میکروبی در

شکمبه و فعالیت آنزیمی در روده می‌گردد (کمپلینگ،۱۹۹۱). برای سنجش فرآوری های فیزیکی می توان از معیاری به نام شاخص فرآوری[1] استفاده کرد که با تقسیم کردن وزن مخصوص دانه فرآوری شده به وزن مخصوص دانه کامل بدست می آید و کاهش آن نشانگر افزایش شدت فرآوری است.

۱-۱-۱۷-۲- فرآوری فیزیکی سرد

فرآوری های فیزیکی سرد شامل فرآوری هایی مثل آسیاب کردن[2]، غلتک زدن خشک[3] و افزودن آب[4] می باشد.

الف - آسیاب کردن

آسیاب کردن به طور قابل توجهی سطح قابل دسترس برای اتصال میکروب‌ها به دانه جو را افزایش می‌دهد (گالین و همکاران، ۱۹۸۱).

ب- غلتک زدن خشک

احتمالاً اساسی‌ترین روش برای بدست آوردن حداکثر قابلیت هضم دانه‌ها، فرآوری خشک یا غلتک زدن است، که آن ساختار درونی هسته را برای اتصال آنزیمی و میکروبی شکمبه مهیا می‌کند. دانه جو، به دلیل داشتن یک پوسته ویژه و غیر قابل نفوذ، ممکن است بیش از سایر غلات از غلتک خشک فایده ببرد. مشاهده شده که غلتک زدن خشک دانه جو، قابلیت هضم ماده آلی را از ۵۲۵ به ۸۵۲ گرم درکیلوگرم افزایش داده است (کامبز و هین من،۱۹۸۹). همچنین مشخص گردیدکه در تغذیه گوساله‌های گوشتی با دانه کامل جو، ۴۸۲ گرم در کیلوگرم دانه از طریق مدفوع دفع گردید و این ناتوانی حیوان را در هضم دانه کامل جو نشان می‌دهد (کامبز و هین من،۱۹۸۹).

ارسکوف و همکاران در سال ۱۹۷۸ قابلیت هضم ماده خشک دانه جو کامل و غلتک زده شده را به ترتیب ۶۷۲ و ۸۳۴ گرم در کیلوگرم گزارش کردند. بوس و بومن در سال ۱۹۹۶ با فرآوری بوسیله غلتک زدن خشک نشان داده اند که جریان روزانه ماده آلی از شکمبه به شیردان افزایش پیدا می کند، که ناشی از هضم ماده آلی شکمبه ای کمتر در جو است. مک آلیستر و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که شبکه پروتئینی که دانه های نشاسته را در بر

[1] Processing index(PI)
[2] Grinding
[3] Dry rolling
[4] Tempering

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 و این امکان نیز وجود دارد که شبکه پروتئینی اطراف نشاسته باعث مقاومت نسبت به هضم پذیری در روده باریک نیز باشد.

غلتک زدن خشک 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 می دهد (دی پیترز و تیلور،۱۹۸۵، باتاجو و شی ور، ۱۹۹۸).

ج- خیساندن با آب

خیساندن دانه جو قبل از فرآوری می‌تواند اندازه ذرات را افزایش و نسبت ذرات ریز (ذرات کمتر از ۱ میلی متر) را کاهش دهد. گزارش شده است که گوساله‌های پرواری تغذیه شده با دانه جو خیسانده و غلتک زده شده در مقایسه با دانه جو غلتک زده شده افزایش وزن روزانه بیشتر و ضریب تبدیل کمتری داشتند (هیروناکا و همکاران، ۱۹۹۲). البته خیساندن پنج نوع لگوم با آب معمولی، مقادیرNDF وADF را به طور معنی‌داری تغییر نداد (ضیاالرحمان و شاه،۲۰۰۴).

۲-۱-۱۷-۲- فرآوری فیزیکی گرم

فرآوری های فیزیکی گرم مانند فرآوری های پختن، غلتک زدن با بخار[1] ، پرک کردن با بخار[2]، پلت کردن[3]، تف دادن[4] و غیره.

الف- پختن

نتایج یک آزمایش با استفاده از پنج نوع دانه بقولات نشان داد که در مقایسه با روش‌های سنتی، مایکروویو و تحت فشار فرآوری کردن باعث افزایش مقدار NDF و ADF شد (ضیاالرحمان و شاه،۲۰۰۴).

ب- فرآوری با استفاده از پرتو مایکروویو

فرآوری توسط مایکروویو نوع جدیدی از فرآوری است که با افزایش ۲۰٪ محتوی رطوبت دانه و اعمال حرارت توسط اشعه مایکروویو برای مدت های مشخص انجام می گیرد. 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

[1]Steam rolling
[2]Steam flaking
[3]Pelleting
[4]Roasting

با بسامد ۳۰۰ گیگاهرتز) تا ۳۰ سانتی متر (متناظر با بسامد ۱ گیگاهرتز) است. البته در ارتباط با این تعریف، اتفاق نظر نیست و برخی آن را از ۰/۳ میلی‌متر در نظر می‌گیرند. اعمال این امواج بر روی دانه ها باعث افزایش دمای آن می گردد و این فرآوری را می توان نوعی از برشته کردن به شمار آورد، اگرچه در حین انجام آن محتوی رطوبت دانه افزایش می یابد. صادقی و شورنگ (۲۰۰۸) نشان دادند که تجزیه پذیری موثر ماده خشک دانه جو در شکمبه در پرتو افکنی با مایکروویو به مدت ۵ و۷ دقیقه کاهش یافت. پرتوافکنی با مایکروویو بخش محلول نشاسته جو را افزایش داد ولی بخش با پتانسیل قابل تجزیه و نرخ تجزیه نشاسته کاهش یافت.

کاهش نرخ تجزیه پذیری بعلت سهل الهضم شدن بخشی از b و در نتیجه باقی ماندن بخش غیر قابل هضم تر در این بخش است. البته در اثر حرارت واکنشی بنام تنزل کیفیت[1] یا ساختار ثانویه مقاوم به هضم اتفاق می افتد که در آن با سرد شدن، نشاسته ژلاتینیزه شده و ساختار ثانویه مقاومی تشکیل می شود و این واکنش های شیمیایی می تواند توضیح دیگری برای کاهش نرخ تجزیه باشد (کارلسون و همکاران،۲۰۰۳). همچنین این فرآوری باعث افزایش بخش b و کاهش بخش a در پروتئین خام می‌شود.

چندین پرولامین پلی پپتید با نام های C،B وD هوردئین در جو وجود دارد، که نوع B از دو زیرواحد اصلی با ۹۸/۲ و ۷۶ کیلو دالتون‌تشکیل شده است. نوع C از زیر واحدهایی با۳۰ تا ۷۰ کیلو دالتون تشکیل شده و زیر واحدهای 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 آنزیم ها می شود و دناتوره شدن پروتئین ها بر اثر گرما باعث شکسته شدن پیوندهایی می شود که موجب پایداری ساختار سه بعدی پروتئین هستند و اگر گروه های هیدروفوب از بین بروند باعث کاهش حلالیت پروتئین و همچنین کاهش تجزیه پذیری آن در شکمبه می شود (دکارت و همکاران،۲۰۱۳).

ج- غلتک زدن با بخار

یک روش فرآوری فیزیکی، استفاده از بخار در زمان های مختلف و به دنبال آن غلتک زدن و یا فلس[2] کردن دانه است. گرمای مرطوب برای متورم و ژلاتینه کردن گرانول‌های نشاسته بکار می‌رود. این روش فرآوری به طور موثری تخمیر شکمبه‌ای نشاسته ذرت و سورگوم را افزایش می‌دهد، اگرچه اثر فرآوری مرطوب بر نشاسته

[1] Retrogradation

[2] -Flaking

غلات ریز کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. فیمز و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که فلس کردن با بخار، تجزیه پذیری شکمبه‌ای ذرت را افزایش داد. با این حال، فلس کردن مرطوب، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای گندم و جو را کاهش داد (فیمز و همکاران، ۱۹۹۰). لوپزسوتو و همکاران (۲۰۱۴) بهبود در عملکرد گاوهای تغذیه شده با دانه جویی که به طور مرطوب غلتک زده شده بودند را در مقایسه با جو کامل مشاهده کردند.

مزیت احتمالی فرآوری مرطوب دانه جو ممکن است به دلیل کاهش ذرات ریز و آردی آن باشد. وجود ذرات ریز درجیره‌هایی با مواد متراکم زیاد سبب اسیدوز شکمبه می‌شود که آن نیز می‌تواند سبب آبسه کبدی شود. گزارش شده است که وجود آبسه کبدی در گاوهای تغذیه شده با جو فلس شده مرطوب در مقایسه با جو غلتک زده شده خشک کمتر بود (کومبز و هین من، ۱۹۸۹).

به گزارش یانگ و همکاران(۲۰۰۰) غلتک زدن با بخار در درجات مختلف باعث افزایش مصرف ماده خشک و به تبع آن افزایش مصرف پروتئین،NDF، ADF، افزایش جریان پروتئین، میزان تولید اسید های چرب فرار و افزایش تولید پروتئین میکروبی می شود. هضم بیشتر نشاسته در شکمبه با کاهش معیار فرآوری (PI)، پروپیونات بیشتری برای سنتز گلوکز فراهم می کند، که این مسئله باعث حفظ پروتئین ها و افزایش پروتئین شیر می شود. همچنین افزایش پروتئین قابل دسترس که ناشی از افزایش مصرف پروتئین است، می تواند دلیل دیگری برای افزایش پروتئین شیر باشد.

۲-۱۷-۲- فرآوری آنزیمی

فرآوری آنزیمی روشی از فرآوری است که عموما بوسیله آنزیم های هاضم الیاف و سایر مواد غیرقابل هضم انجام می شود. یک مخلوط آنزیمی شامل زایلاناز و سلولاز در pH های متفاوت از ۴ تا ۷ به مقدار ۱۰ گرم در روز در جیره گاو و به مقدار ۴ گرم در روز در جیره بره‌ها بکار رفت. نتایج نشان داد که افزودن آنزیم تاثیری بر هضم ظاهری ماده خشک، NDF ، ADF و یا نیتروژن مواد دانه‌ای نداشت (مک آلیستر و چنگ،۱۹۹۲).

مقدار الیاف در دانه جو بیشتر از سایر غلات است (NRC،۱۹۹۶). علاوه بر آن، قابلیت هضم الیاف دانه جو نسبتاً پایین است. نتایج یک پژوهش که در آن دانه جو غلتک زده شد، و به آن آنزیم با نام تجاری پروموت (مخلوطی از آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز) اضافه شده بود، نشان داد که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با افزودن این آنزیم به مقدار ۲۸ درصد افزایش یافت (کراوس و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج مطالعه ای دیگر نیز نشان داد که افزودن آنزیم‌های فیبرولایتیک به جیره‌هایی با مواد متراکم بالا (حاوی ۹۵ درصد مواد متراکم) سبب

بهبود معنی‌داری در راندمان خوراک گردید، ولی از نظر افزایش وزن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (بوچمین و همکاران، ۱۹۹۷).

۳-۱۷-۲- فرآوری شیمیایی

نتایج حاصل از فرآوری شیمیایی دانه جو با مواد قلیایی از قبیل هیدروکسید سدیم، آمونیاک یا اوره و آلدئید ها مشابه با غلتک زدن و له کردن است، زیرا باعث دسترسی بیشتر میکروب های شکمبه و آنزیم‌های گوارشی به محتویات دانه‌ها می‌گردند (ارسکوف و گرین هال، ۱۹۷۷، آلن،۱۹۸۴). از روش های دیگر فرآوری شیمیایی می توان به فرآوری خشک با هیدروکسید سدیم، فرآوری مرطوب با هیدروکسید سدیم، فرآوری با آمونیاک به صورت آنهیدراز، فرآوری با آمونیاک مایع یا اوره (در مقایسه با آمونیاک به صورت آنهیدراز، آمونیاک مایع ارزان و قابل دسترس تر بوده و نیاز به رطوبت و حرارت بالا دارد)، فرآوری با پراکسید هیدروژن، هیدروکسید کلسیم و یا اسید استیک، اسید لاکتیک و یا اسید سیتریک و یا خیساندن با بیکربنات سدیم،خیساندن با هیپوکلرید سدیم (Naclo)، هیدروکسید کلسیم و اوره، دی اکسید گوگرد و یا اسید فرمیک و فرمالدئید اشاره نمود.

در بین مواد شیمیایی مختلف، جهت فرآوری مواد خوراکی مورد استفاده در تغذیه دام، استفاده از فرمالدئید از استقبال بیشتری برخوردار شده است. استفاده از فرمالدئید برای فرآوری کنجاله سویا وکنجاله کلزا و کنجاله آفتاب گردان، یونجه و لوبیا استفاده شده است. فرمالدئید با پروتئین واکنش نشان می‌دهد و پیوند غیر یونی بین گروه فعال زنجیره اسیدهای آمینه از قبیل SH–، OH-، NH_2 -و گروه کربونیل (C=O-) فرمالدئید ایجاد می‌شود (آنتونیویچ، ۱۹۹۲). برای نشاسته، فرآوری با فرمالدئید نتیجه ای مشابه با پروتئین خواهد داشت (دی جکسترا و همکاران، ۲۰۰۴). هرچند که استفاده از فرمالدئید در برخی از کشورهای اروپایی با محدودیت روبرو است.

۲-۱۸- تقسیم بندی پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان

پارامترهای اصلی ارائه شده برای پروتئین (در سیستم پروتئین قابل متابولیسم) عبارتند از: پروتئین قابل تجزیه تند[۱]، پروتئین کند تجزیه[۲] و پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم[۳]. اندازه گیری میزان تجزیه پذیری پروتئین خوراک با استفاده از کیسه های نایلونی[۴] در شکمبه در مدت زمان های مختلف (معمولا ۷۲ ساعت برای کنسانتره ها

[1] Quick digestible crude protein (QDP)

[۲] Slow digestible crude protein (SDP)

[۳] Digestible undegradable crude protein (DUP)

[۴] Nylon-bag

و ۹۶ ساعت برای علوفه ها) بدست می آید (باتاجور و شی ور، ۱۹۹۸). نسبت نیتروژن از دست رفته در زمان صفر پس از شستن کیسه های نایلونی و آبگیری شده به وسیله ماشین های لباسشویی با دور مشخص به دست می آید. همچنین تفاوت عمده دو سیستم تغذیه‌ای موجود در دنیا NRC و ARC درارائه استانداردهای تغذیه‌ای و ارزشیابی مواد خوراکی و احتیاجات به مواد مغذی می باشد. اگر چه هر دو سیستم ارتباط ویژه ای بین مصرف مواد مغذی و عکس‌العمل حیوان را مد نظر قرار داده‌اند، ولی در تخمین احتیاجات، ارزشیابی مواد خوراکی، بیان برخی مفاهیم تغذیه‌ای و روشهای ارزیابی از شیوه‌های متفاوتی استفاده می کنند. بررسی و مطالعه این تفاوت ها سبب افزایش قدرت تحلیل علمی محققان در یافتن نقاط قدرت، ضعف و مشترک این سیستم ها گشته و اجازه استفاده از روش های ساده با کارایی بیشتر را برای آنها امکان پذیر می سازد.

سیستم پروتئین قابل متابولیسم عبارت است از کل پروتئین حقیقی قابل هضم (اسید های آمینه) که پس از هضم و جذب در دستگاه گوارش، در دسترس حیوان قرار می گیرد. در این سیستم فرض شده که قابلیت هضم روده ای مقدار پروتئین عبوری خوراک ثابت است و برابر۸۰ درصد می باشد. انتظار می رود که با افزایش مقدار پروتئین عبوری خوراک، تولید شیر افزایش یابد.

تروک مورتون و همکاران،۱۹۸۴ گزارش کردند که وقتی مقدار پروتئین عبوری خوراک بیش از اندازه افزایش یافته بود، مقدار تولید شیر کاهش یافت که این به دلیل کاهش پروتئین میکروبی سنتز شده در اثر کمبود میزان پروتئین قابل تجزیه در شکمبه، اسیدآمینه و نیز پائین بودن قابلیت هضم پروتئین عبوری خوراک در روده باریک می باشد. پروتئین قابل متابولیسم به دو صورت زیر وجود دارد:

۱) پروتئین حقیقی میکروبی قابل هضم[۱] که توسط میکروب های شکمبه تولید می شود.

۲) پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم[۲] خوراک که به گروهی از مواد پروتئینی موجود در خوراک که ضمن عبور از شکمبه تجزیه نمی شوند[۳] ولی به میزان کافی در بخش های پایین روده حیوان قابل هضم و جذب می باشند، گفته می شود. قابلیت هضم پروتئین غیر قابل تجزیه خوراک را می توان از طریق میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی[۴] (ADIN) و یا مقدار مواد الیافی نامحلول در شوینده اسیدی (MADF) تعیین نمود.

---

۱ Digestible microbial true crude protein (DMTP)

۲ Digestible undegradible protein (DUP)

۳ Undegradable protein(UDP)

۴ Acid dissolved insoulable nitrogin(ADIN)

۱۹-۲-کاربرد عصاره های گیاهی جهت فرآوری شیمیایی

۱-۱۹-۲- تعریف عصاره

عصاره ها فرآورده هایی هستند که به صورت جامد، نیمه جامد(نرم و کشدار) و مایع عرضه می شوند و به طور کلی از استخراج مواد تام گیاهی یا حیوانی و یا غیر تام به وسیله حلال های مناسب (مانند الکل اتیلیک با درجه های الکلی مختلف، آب، اتیلن گلیکول، اتر و یا مخلوطی از آنها) بدست می آیند. در صورتی که حلال از مواد استخراج شده گیاه جدا نشود،عصاره به حالت مایع می باشد. عصاره هایی که به مصرف خوراکی می رسند می بایست به وسیله آب و یا اتانول تهیه شوند، و بقیه حلال های غیر خوراکی، به روش های گوناگون عصاره گیری مانند ماسراسیون[1](خیساندن)، پرکولاسیون[2](استخراج بدون حرارت) و سوکسله (استخراج باحرارت) بدست می آیند (مومنی، ۱۳۷۹).

۲-۲۰- ظرفیت تبادل کاتیون[3]

ظرفیت تبادلی کاتیون (CEC) عبارت از توان یا قدرت یک گیاه (خوراک) برای جذب و اتصال به آنیون ها است. هنگامی که این یون ها به جای آزاد بودن در شکمبه به مواد گیاهی متصل شوند، محیط شکمبه کمتر اسیدی می شود.

این امر به خوبی شناخته شده است که pH شکمبه تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله مقدار الیاف جیره و همچنین طول الیاف علوفه مصرفی می باشد. الیاف بلند سبب تحریک نشخوار گاو می شود. عمل نشخوار سبب تولید بزاق و بافری کردن محیط شکمبه و کاهش اسیدیته آن می شود. مقدار زیاد و تراکم بالای یون هیدروژن در محیط شکمبه سبب اسیدی شدن زیاد شکمبه می شود. یون های هیدروژن دارای بار مثبت هستند. به طور کلی، سلول های گیاهی دارای مقدار زیادی بار منفی در سطح خود هستند که به یون های هیدروژن متصل می شوند. در صورتی که یون ها از نظر شیمیایی به جای آزاد بودن در محیط شکمبه به سلول های گیاهی متصل شوند، اسیدیته محیط شکمبه کمتر می شود (گریت هد،۲۰۰۳). بعضی از سلول های گیاهی در مقایسه با بقیه دارای بارهای منفی بیشتری هستند. مطالعات انجام گرفته میزان تبادل کاتیونی انواع مختلف علوفه و خوراک را تعیین نموده است. هرچه ظرفیت تبادل کاتیونی گیاه بیشتر باشد، محیط شکمبه بیشتر بافری می گردد (لازلو و همکاران،۱۹۹۴).

[1] Maceration

[2] Percolation

[3] Cation Exchange Capacity(CEC)

سلولز به عنوان بخش اعظم الیاف در گیاهان خشبی، دارای ظرفیت تبادل کاتیون پایینی است. در مقابل، پکتین دارای ظرفیت تبادل کاتیونی فوق العاده بالایی است. پکتین الیافی محلول است که سریع قابل هضم می باشد. یونجه، تفاله مرکبات و تفاله چغندر قند منابع خوبی از پکتین هستند (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲. ظرفیت تبادل کاتیونی بعضی از خوراک های معمول در تغذیه گاوهای شیری

خوراک	ظرفیت تبادل کاتیون (میلی مول به ازای کیلوگرم دیواره سلولی)
یولاف	۱۷۱
ذرت سیلو شده	۱۹۶
زبره گندم	۲۹۶
غلات تقطیر شده	۳۴۶
یونجه خشک	۴۷۳
کنجاله سویا	۴۰۸
تفاله چغندر قند	۵۶۵
جلبک دریایی	۳۵۱
کلزا	۹۹۸
پکتین	۳۳۷۲

منبع: مک بورنی و همکاران، (۱۹۸۳)

داده های مندرج در جدول ۲-۲ به خوبی نشان می دهد که استفاده از تفاله چغندر قند، یونجه و کلزا در تابستان که اسیدوز رایج تر است، می تواند انتخابی معقول باشد. به دفعات دیده شده هنگامی که از یونجه و تفاله چغندر قند به جای علوفه گراس با اندازه قطعات یکسان استفاده شده، شیوع اسیدوز در گاوها کمتر بوده است. از مزایای دیگر گیاهان دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالا این است که سبب افزایش نرخ هضم میکروبی خوراک می شوند (مک بورنی و همکاران، ۱۹۸۳). مواد معدنی دارای دو بار مثبت (مانند منیزیم) با سلول های گیاهی دارای بار منفی و باکتری های دارای بار منفی متصل می شوند. این نوع اتصالات به باکتری ها اجازه می دهند که آنزیم های خود را بر روی سلول خوراک متمرکز کنند و مواد مغذی محلول سلول های گیاهی را آزاد نمایند. در نتیجه باکتری ها سریع تر رشد نموده و نرخ هضم دیواره سلولی خوراک ها افزایش می یابد (مک بورنی و همکاران، ۱۹۸۳).

۲۱-۲- روش‌های تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی

روش های معمول برای مطالعه کیفی خوراک در تغذیه نشخوارکنندگان بر اساس روش های معمول تجزیه شیمیایی پیشنهاد شده توسط (NRC,2001) بر پایه (AOAC,2000) است. این روش ها تنها قادر به اندازه گیری ترکیب شیمیایی کل خوراک می باشند و قادر به تعیین ساختار مولکولی مواد مغذی که ارزش تغذیه ای خوراک را می توانند تحت تاثیر قرار دهند، نیست. به طور مثال جو هرینگتون[1] و والیر[2] هر دو ترکیبات شیمیایی یکسانی دارند اما خصوصیات تجزیه پذیری کاملا متفاوتی دارند، تفاوت در تجزیه پذیری و ارزش تغذیه ای بین دو رقم جو می تواند به خاطر تفاوت در ساختار مولکولی مواد مغذی باشد (دورن بوس،۱۹۸۹). از سال ۱۷۵۲ میلادی که اولین ایده جهت ارزیابی خوراک‌ها ارایه گردید، روش‌های آزمایشگاهی برای تخمین ارزش غذایی خوراک‌ها پیشنهاد شدند. ارزیابی دقیق خوراک‌ها از آن جهت مهم هستند که اطلاعات ضروری برای متخصصین تغذیه دام جهت تنظیم کردن جیره‌های مناسب هم از نظر فیزیولوژیکی و هم از نظر اقتصادی را فراهم می‌نمایند. روش‌های رایج، روش تجزیه تقریبی خوراک، یا روش جایگزین آن برای تعیین الیاف (ون سوست، ۱۹۶۷،جورینک و ون سوست،۱۹۷۰، ون سوست وهمکاران،۱۹۹۱) و تکنیک‌های مدرن از قبیل اسپکتوفتومتری انعکاسی ماوراء مادون قرمز (NIRS) می‌باشد. سایر پیشرفت‌ها شامل تست حلالیت در بافر، تکنیک تعیین قابلیت هضم دو مرحله‌ای (تیلی و تری، ۱۹۶۳) روش‌های آنزیمی (برودریک و کوچران، ۲۰۰۰) تکنیک شبیه سازی شکمبه و تکنیک تولید گاز (منک و همکاران، ۱۹۷۹، منک و استینگاس، ۱۹۸۸) هستند. همه این روش‌ها بر اساس اصل اندازه گیری محصولات نهایی است و شامل دینامیک هضم نیستند.

۱-۲۱-۲- روش درون تنی (*In vivo*)

این روش پرهزینه بوده و به کار و زمان زیادی نیاز دارد (استرن و همکاران، ۱۹۹۷). اما این روش دقیق است و سایر روش‌ها را با آن مقایسه می‌کنند. در این روش برای اندازه‌گیری قابلیت هضم، میزان معینی از خوراک مورد آزمایش را به دام داده، سپس مدفوع و ترکیبات آن را اندازه می‌گیرند. در بعضی از شرایط به علت فقدان وسایل مناسب یا شرایط ویژه آزمایش، اندازه‌گیری مستقیم مقدار خوراک خورده شده یا مدفوع دفع شده و یا هر دو مقدور نمی‌گردد، در این حالت به کمک نشان‌دارها قابلیت هضم خوراک و مواد مغذی فراهم می‌گردد.

[1] Harington

[2] Valier

۲-۲۱-۲- روش‌های آزمایشگاهی(*In vitro*)

۲-۲۱-۲-۱- روش تیلی و تری

این روش توسط تیلی و تری در سال۱۹۶۳ برای اولین بار درکنگره جهانی مرتع تحت عنوان روش دو مرحله ای هضم آزمایشگاهی محصولات علوفه ای ارائه، و از آن به بعد بطور گسترده ای مورد استفاده واقع شد. پس از آن تغییرات زیادی در روش اولیه جهت بیشینه نمودن فرایند هضم ایجاد شده است. هضم در این روش به عوامل رقت مایع شکمبه، نوع بافر، اندازه ذرات ماده خوراکی، نوع آسیاب و جیره حیوان دهنده مایع شکمبه بستگی دارد. کاهش pH در بررسی هضم الیاف خام در محیط های *In vitro* نقش مهم تری دارد، چرا که باکتری‌های سلولولایتیک نسبت به کاهش pH حساس ترند.

۲-۲-۲۱-۲- روش آنزیمی

مزیت عمده روش‌های آنزیمی عدم نیاز به حیوان است. تنوع داخل و بین حیوانات در این روش وجود ندارد. همچنین استفاده کردن آن نسبتاً آسان است. در سالیان اخیر علاقه زیادی برای توسعه روش‌هایی برای استفاده از آنزیم‌های تجاری برای پیش‌بینی میزان تجزیه پذیری پروتئین ایجاد شده است.

از این روش می‌توان در مطالعات با گستره زیاد و در سطح ملی و منطقه ای استفاده کرد. در این روش تعداد زیادی نمونه خوراک می‌توانند بطور همزمان مورد استفاده قرار گیرند. روش آنزیمی چون کاملاً مستقل از حیوان است، لذا واریانس نتایج این روش کم و استاندارد کردن آن ساده می‌باشد (مک آلیستر و چنگ،۱۹۹۲). با وجود این مزایا به خاطر فعالیت آنزیمی ناقص در مقایسه با محیط شکمبه، ارزش بیولوژیکی این روش محدود می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، استفاده از آنزیم تک معده‌ای‌ها در سیستم آزمایشگاهی برای پیش بینی تجزیه شدن پروتئین جیره ارزش محدودی دارد. زیرا آنزیم‌های غیرنشخوارکنندگان همان اثر آنزیم‌های شکمبه را ندارند. نکته‌ای که باید مد نظر قرار داد این است که نباید غلظت آنزیم عامل محدود کننده باشد و میزان pH نیز باید تنظیم گردد (استرن و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۲-۳-۲۱-۲- روش تولید گاز

گاز دی اکسید کربن و متان دو محصول فرعی تخمیر می‌باشند. اولین بار منک و استینگاس (۱۹۸۸) از سرنگ‌های شیشه ای برای اندازه گیری تولید گاز در زمان‌های مختلف استفاده کردند. روش تولید گاز به طور

گسترده‌ای در طی دهه‌های گذشته توسط متخصصین تغذیه جهت مطالعه هضم خوراک مورد استفاده قرار گرفته است (منک و همکاران، ۱۹۷۹). یکی از مزیت‌های این روش این است که می‌تواند به صورت خودکار مورد استفاده قرار گیرد و به دلیل بدست آوردن تعداد زیادی نقطه، امکان تخمین دقیق‌تر فراسنجه‌ها را نسبت به روش کیسه گذاری و یا روش گراوی متریک فراهم می‌نماید و توصیف ریاضی داده‌ها با پردازش چندین مدل غیر خطی انجام می‌شود.

مدل‌هایی که برای تعیین کینتیک هضم در شرایط برون تنی به کار برده می‌شوند در مقایسه با روش کیسه گذاری از پیچیدگی کمتری برخوردار هستند. به دلیل اینکه کنترل محیط در روش برون تنی (آزمایشگاهی) ساده‌تر است و تحت تاثیر سایر عوامل قرار نمی گیرد. اما بسیاری از سیستم‌های برون تنی توانایی دریافت مقدار کافی از مایع تلقیح، بافرها، شوینده‌ها یا تجهیزات لازم برای تثبیت pH، شرایط بی هوازی، پتانسیل اکسیداسیون–احیاء، تعداد کافی از میکروب‌ها، مواد مغذی ضروری برای میکروب‌ها و غیره را ندارند و هضم را در برخی و یا تمامی مدتی که داده برای تعیین کینتیک، جمع آوری می‌شود محدود می‌نماید (کان و همکاران، ۱۹۹۶).

در بسیاری از روش‌های برون تنی، میکروب‌ها در طی آماده سازی مایع شکمبه و یا افزودن آن به محلول کشت به دلیل شرایط احیا و بی هوازی ناکافی متحمل نوعی شوک می‌شوند. این سیستم‌ها به دلیل هضم آرام در اوایل تخمیر، کینتیک هضم را با خطا تخمین می‌زنند. ایراد اصلی روش‌های برون تنی در تخمین کینتیک، متفاوت بودن محیط آن از بدن دام می‌باشد. با این حال، این کمبود می‌تواند یک مزیت محسوب شود زمانی که هدف از تحقیق، مطالعه ویژگی‌های ذاتی سوبسترا باشد (باتاجو و شی ور،۱۹۹۸).

شرایط برون تنی می‌تواند جهت جلوگیری از نوسانات pH، رقت و الگوی تخمیر که در آزمایش‌های دام زنده اتفاق می‌افتد کنترل گردد. علاوه بر آن روش‌های برون تنی می‌توانند جهت اطمینان از اینکه ویژگی‌های ذاتی سوبسترا تنها عامل محدود کننده تخمیر است تصحیح گردد. به عنوان مثال اگر ویژگی‌های ذاتی الیاف مورد بررسی واقع شود، روش برون تنی می‌تواند جهت اطمینان از اندازه ذرات، نیتروژن، ریزمغذی‌ها، pH و غیره، عوامل محدود کننده نرخ و مقدار هضم الیاف نیستند، تغییر یابد. اگر هدف بررسی اثرات فاکتورهای بیرونی بر نرخ و مقدار هضم در روش برون تنی باشد، این روش می‌تواند جهت نگهداری شرایط ثابت تخمیر تغییر یابد. به عنوان مثال pH محلول بافر می‌تواند برای تعیین اثرات مستقیم یا متقابل برکینتیک هضم تغییر یابد. اگر هدف اندازه گیری کینتیک هضم یک خوراک زمانی که به طور مجزا به حیوان داده می‌شود باشد در روی دام زنده به دلیل چرخه مجدد نیتروژن در

بدن دام امکان پذیر نیست و باید در شرایط برون تنی که مکمل نیتروژنی و یا منابع ریز مغذی نیست انجام شود (برودریک و کوچران،۲۰۰۰).

روش تولید گاز دارای مزیت‌های عمده ای چون توجه به جنبه‌های آسایش دام، اندازه کم نمونه و هزینه پایین است. مهم تر از همه اینکه قادر به توصیف کینتیک فعالیت میکروبی در پاسخ به سوبسترا است (منک و استینگاس،۱۹۸۸).

٤-۲-۲۱-۲- روش کشت ثابت

میزان هضم مواد خوراکی تابعی از توقف آن در دستگاه گوارش است، و تغییرات هضمی می تواند با تقسیم بندی خوراک به بخش سریع الهضم شکمبه ای، بخش کند هضم و غیرقابل هضم توصیف شود. به طور معمول با استفاده از یک شکل انتگرالی سیستم دینامیکی، معادله ای برای حصول مقادیر ثابت هضم و عدم شرکت سوبسترا ها در اجزاء تغییرات روند هضمی حاصل می شود. مدل های هضمی به علت وابسته بودن به ماهیت مواد خوراکی شامل معادلات متوالی بوده و شامل یک پراکنش خطی و منحنی از معادلات دیفرانسیلی و انتگرالی می باشند، که بایستی برای نشان دادن نوع فرآیند هضم استفاده شوند. والدو(۱۹۷۲) برای اولین بار نظریه شکسته شدن مواد خوراکی، در طول زمان بر اساس مطالعات تغییرات روند هضمی، را مطرح کرد. او پیشنهاد کرد که منحنی های هضمی از بخش های مواد قابل هضم و غیر قابل هضم تشکیل شده اند و نتیجه گیری نمود که بخشی از مواد سلولزی بعد از ۷ روز در شکمبه غیر قابل هضم هستند. فرضیه وی که بعضی مواد غیر قابل هضم هستند، اساس کار قرار گرفت. در مدل والدو (۱۹۷۲) فرض شده است که باقی مانده های غیر قابل هضم ناپدید نمی شوند. در صورتی که باقی مانده های قابل هضم این پتانسیل را دارا هستند که به مقدار معینی در هر زمان ناپدید شوند. مدل های هضمی می توانند شامل بخش محلول، بخش دارای پتانسیل هضم و غیر قابل هضم باشند.

۳-۲۱-۲- روش درون کیسه‌ای (*In situ)*

این روشی است که به طور گسترده برای تعیین ویژگی تجزیه مواد مغذی در شکمبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهرز و ارسکوف در سال۱۹۷۷ میلادی، استفاده از روش درون کیسه‌ای را به عنوان روشی رایج، برای اندازه گیری نرخ تجزیه پروتئین ارایه دادند. این روش بر اساس قرار دادن هر یک از خوراک‌ها در داخل کیسه‌های منفذ دار که در داخل شکمبه دام دارای فیستولا گذاشته می‌شود، استوار است. مهم‌ترین هدف این روش، اندازه گیری نرخ ناپدید شدن ماده خشک و سایر مواد مغذی است (توماس و آرنزن،۱۹۸۳). در آزمایش‌های اولیه

کیسه‌های ابریشم برای انکوباسیون نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سپس از نایلون، پلی استر و داکرون استفاده گردید.

اگر هدف از مطالعه، تعیین اثرات ترکیبی ویژگی‌های ذاتی خوراک و ویژگی‌های بیرونی الگوی تخمیر در کینتیک هضم حیوان باشد، روش کیسه گذاری ممکن است از نظر بیولوژیکی مناسب باشد. در استفاده از روش کیسه گذاری درک دینامیک و اثر متقابل جیره و حیوان مهم هستند. در نتیجه کینتیک های هضم اندازه گیری شده تنها زمانی معتبر هستند که خوراک درون کیسه در تغذیه حیوان میزبان استفاده شده باشد. با این حال، اگر داده‌های روش درون کیسه‌ای برای تخمین فراسنجه‌های کینتیک مورد استفاده قرار گیرند، شرایط اضافی دیگری نیز مورد نیاز است. حیوان باید جهت تامین ویژگی‌های کینتیک یکنواخت در طی دوره جمع آوری داده‌ها در شرایط ثابت نگهداری شود. نتایجی که در وضعیت ناپایدار به دست می‌آید، بسته به زمانی که نمونه‌ها در داخل شکمبه قرار داده می‌شود، با خطا همراه خواهند بود. چرا که الگوی تخمیر بسته به زمان تغذیه دام متفاوت خواهد بود. علاوه براین، فراسنجه های کینتیک ممکن است بیشتر به جیره دام میزبان وابسته باشند تا ویژگی‌های ذاتی سوبسترا. اگر نرخ هضم به دلیل عوامل خارجی تغییر نماید، تفسیر پارامترهای کینتیک پیچیده بوده و استفاده از آن‌ها سئوال برانگیز خواهد بود (لهمان وهمکاران،۱۹۹۵، جهانی عزیزآبادی و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۲۱-۳-۱- کیسه‌های نایلونی متحرک

ابتدا این روش برای برآورد میزان تجزیه پذیری شکمبه ای و گوارش پذیری پس از شکمبه ای پروتئین پیشنهاد گردید. ارزیابی قابلیت هضم حقیقی مواد مغذی در روده باریک نشخوارکنندگان به علت همراه بودن خوراک تجزیه نشده در شکمبه با توده میکروبی و ترشحات اندوژنوسی مشکل است. برای غلبه بر این مشکل، از روش کیسه های نایلونی متحرک استفاده می شود. استفاده از روش کیسه های نایلونی معمولا راحت می‌باشد و اطلاعاتی از پتانسیل هضم شکمبه ای و پس از شکمبه ای ماده آلی و دیواره سلولی، پروتئین خام، اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات خوراک را در اختیار قرار می‌دهد (ریچاردز و همکاران،۲۰۰۲).

فلیپ پا و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که تفاوت کمی بین استفاده از روش کیسه های نایلونی برای برآورد تجزیه پذیری شکمبه ای خوراک های دارای مقادیر کم ADF (بویژه کمتر از ۲۵ درصد) در روش های آزمایشگاهی وجود دارد، چون در خوراک های علوفه ای بخش عمده ای از مواد محلول در آب ممکن است بدون اینکه مورد تخمیر قرار گیرند، کیسه را ترک کنند. تفاوت زیاد بین دامنه قابلیت تجزیه پذیری و پروتئین در بین

آزمایشگاه های مختلف ممکن است عمدتاً به دلیل اختلاف در روش مورد استفاده در آماده سازی و فرآیند نمونه ها، نوع فیلتر و نوع مواد مورد استفاده برای کیسه ها باشد.

در این روش مقداری از ماده غذایی مورد نظر در داخل کیسه های به ابعاد ۳×۶ سانتی متر قرار داده می‌شود و پس از مسدود کردن در کیسه، کیسه ها از طریق کانولای روده ای در قسمت ابتدایی دوازدهه رها می‌شوند و یا قبل از رها کردن کیسه ها در دوازدهه، این کیسه ها در شکمبه کشت داده می‌شوند و پس از شکمبه گذاری کیسه ها یا در محلول پپسین- اسید کلریدریک انکوبایت می‌شوند و یا مستقیماً در دئودنوم رها می‌شوند. پس از این مرحله کیسه از طریق ایلئوم و یا عمدتا از مدفوع جمع آوری می‌گردند. پس از آن کیسه ها شسته می‌شوند تا پروتئین هایی با منشا داخلی و سایر پروتئین های آغشته به کیسه خارج شوند. با استفاده از این روش نسبت به روش تعیین قابلیت هضم ظاهری می‌توان به طور دقیق تری قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش را اندازه گیری کرد (استینر و همکاران، ۲۰۱۱، مسگران و استرن،۲۰۰۵).

مشابه روش *In situ* که برای تخمین تجزیه پذیری شکمبه ای پروتئین استفاده می‌شود، در روش کیسه های نایلونی متحرک نیز توسط عوامل متعددی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. فاکتورهایی که در تحقیقات اخیر گزارش شده شامل اندازه منافذ کیسه، نسبت مقدار نمونه به سطح کیسه، اثرات کیسه و حیوان، زمان ماندگاری، محل بازیافت کیسه و میزان آغشتگی میکروبی هستند. اندازه منافذ کیسه هایی که در این روش استفاده می‌شود در دامنه ۹ میکرومتر تا ۸۰ میکرومتر (یودن و همکاران،۱۹۷۴) گزارش شده است.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- محل اجرای طرح

این پژوهش در ۴ مرحله در آزمایشگاه‌های تغذیه دام و واحد گاوداری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه) انجام شد.

۳-۲- تهیه و شرایط کاشت دانه های جو مورد استفاده در آزمایش

دورقم دانه جو به نام‌های به رخ و نصرت در تابستان سال ۱۳۹۳، از موسسه تولید نهال و بذر کشور واقع در کرج، تهیه گردید. دانه‌های فوق در مناطق معتدل کشور و در شرایط مختلف اقلیمی کاشته شده بودند. در تولید جوهای فوق از کود نیتروژنه به مقدار ۴۵ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و یک بار نیز همراه با کود فسفر هر یک به مقدار ۴۵ کیلوگرم در هکتار حدود ۳ تا ۴ ماه بعد از کاشت استفاده شده بود. در کاشت جوهای فوق، تا زمان برداشت در چهار نوبت، آبیاری صورت گرفته بود.

۳-۳- عصاره گیری

برای تهیه عصاره جلبک دریایی، ابتدا ۲۰۰ گرم از پودر جلبک دریایی در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب خیسانده شد و به مدت ۲۴ ساعت و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه بر روی دستگاه همزن برقی[۱] قرار داده شد. سپس به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره یک مخلوط صاف، حاصل شد (مومنی، ۱۳۷۹). به منظور استحصال عصاره آبی تفاله چغندر قند، مقدار ۲۰۰ گرم تفاله چغندر قند پودر شده را به ارلن حاوی ۱۰۰۰ میلی لیتر آب اضافه کردیم و برای مخلوط شدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق و روی دستگاه همزن مغناطیسی قرار دادیم تا استخراج عصاره به طور کامل انجام

[۱] shaker

پذیرد، سپس مخلوط حلال و گیاه توسط کاغذ صافی واتمن از هم جدا شده تا عصاره استحصال گردد (مومنی، ۱۳۷۹). برای تهیه عصاره الکلی یونجه، ابتدا مقدار۲۰۰ گرم یونجه پودر شده را به مدت ۱۰ دقیقه درون ۱۰۰۰ میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد حرارت دادیم. سپس مخلوط را صاف و محلول صاف شده را تبخیر کرده تا حجم آن به ۵۰ میلی لیتر رسید. (مومنی، ۱۳۷۹).

٤-۳- فرآوری دانه جو با عصاره های گیاهی و ترکیبات قلیایی

برای فرآوری ۱۰۰گرم دانه جو با آمونیاک مایع، دانه های کامل از هر دو واریته براساس وزن ماده خشک با مقدار ۲ درصد آمونیاک مایع (۸ میلی لیتر آمونیاک با درجه خلوص ۲۵ درصد) و مقدار ۲۲ درصد آب مقطر مخلوط شد (رابینسون، ۱۹۸۸) و برای فرآوری با هیدروکسید سدیم، مقدار ۳/۵ درصد وزن دانه، سود تجاری و مقدار ۲۲ درصد وزن دانه، آب مقطر مخلوط شد (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰۸). برای این منظور، ۳/۵ گرم سود را در ۲۲ میلی لیتر آب مقطر حل نموده، سپس دانه های جو فرآوری شده در قوطی های پلاستیکی به مدت ۳۰ روز قرار داده شدند. برای فرآوری دانه جو با آلوم (زاج سفید)، مقدار ۱۰۰ گرم دانه جو (ماده خشک) توزین و در داخل ارلن آزمایشگاهی ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شدند. محلول خالص زاج سفید (۲۰۰ گرم در یک لیتر آب مقطر) تهیه گردید (عبدی و دانش‌مسگران، ۲۰۱۲). سپس۲۵ میلی لیتر از محلول فوق بر روی آن اسپری شد، تا غلظت نهایی زاج سفید ۵۰ گرم درکیلوگرم دانه و مقدار رطوبت ۲۰۰ گرم درکیلوگرم گردد. به منظور فرآوری با عصاره های جلبک دریایی، یونجه خشک و تفاله چغندر قند، ابتدا دانه‌های جو هر یک به مقدار ۱۰۰ گرم (ماده خشک) در داخل ارلن آزمایشگاهی ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس ۲۵ میلی لیتر از محلول هرکدام از عصاره های گیاهی فوق الذکر بر روی آنها اسپری شد. در ارلن‌مایر در طی خیس شدن جهت جلوگیری از تبخیر، توسط نایلون پوشانده شد و دانه‌ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند و سپس در داخل آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در طی ۴۸ ساعت خشک شدند.

۳-۵- آزمایش اول: بررسی گوارش پذیری نمو نه های آزمایش با روش کشت ثابت

۳-۵-۱- انتخاب نمونه‌های جو مورد آزمایش

آزمایش تعیین ویژگی‌های گوارش پذیری ارقام جو در شرایط برون تنی با استفاده از روش کشت ثابت برای دو رقم دانه جو (نصرت و به رخ) فرآوری شده با ترکیبات شیمیایی و عصاره های گیاهی فوق الذکر انجام شد.

۲-۵-۳- مواد و محلول‌های مورد نیاز

الف) محلول شماره یک

۳ گرم فسفات هیدروژن پتاسیم (K_2HPo_4) که حجم مواد با اضافه کردن آب مقطر به یک لیتر رسید.

ب) محلول شماره دو

۳ گرم فسفات هیدروژن پتاسیم (KH_2Po_4) ، ۶ گرم کلرید سدیم ($NaCl$) ، ۶ گرم سولفات آمونیوم ($(NH_4)_2So_4$)، ۰/۶ گرم سولفات منیزیم هفت آبه ($MgSo_4\ 7H_2O$) ، ۰/۶ گرم کلرید کلسیم دو آبه ($CaCl_2\ 2H_2O$) که حجم مواد با اضافه کردن آب مقطر به یک لیتر رسید.

ج) محلول رزازورین

رزازورین به نسبت ۰/۱ درصد در آب مقطر تهیه گردید.

د) مایع شکمبه عاری از سلول

مایع شکمبه لازم برای انجام کشت ثابت، از سه راس گاو شیرده فیستولادار نژاد هلشتاین به وزن زنده ۱۲±۶۲۵/۵ کیلوگرم که در مزرعه تحقیقاتی دانشکده نگهداری می‌شدند با روش دستی گرفته شد. خوراک گاوها بر اساس ماده خشک شامل ۴۳۸ گرم درکیلوگرم علوفه شامل ۲۴۸ گرم درکیلوگرم یونجه خشک و ۱۹۰ گرم در کیلوگرم سیلاژ ذرت و مخلوط کنسانتره شامل ۲۴۵ گرم در کیلوگرم دانه جو و ۱۴۸ گرم در کیلوگرم سبوس گندم، ۵۵ گرم درکیلوگرم کنجاله سویا،۸۷ گرم درکیلوگرم کنجاله تخم پنبه، ۵ گرم درکیلوگرم نمک،۷ گرم درکیلوگرم بیکربنات سدیم، ۶ گرم درکیلوگرم کربنات کلسیم و۷ گرم در کیلوگرم مکمل مواد معدنی و ویتامینه بود.

مایع شکمبه قبل از تغذیه صبح تهیه شد و بلافاصله با چهار لایه پارچه نازک کتان صاف گردید و به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. (آرکوی و همکاران، ۲۰۰۵).

۳-۵-۳- روش آماده سازی محیط‌های کشت

محیط کشت بر اساس روش آرکوی و همکاران (۲۰۰۵) آماده شدند. محیط کشت شامل ۰/۰۵ گرم آنزیم سلوبیوز، ۱۵۰ میلی لیتر محلول ۱، ۱۵۰ میلی لیتر محلول ۲ (طرز تهیه محلول ۱ و ۲ در بخش های الف و ب توضیح داده شده است)، ۴۰۰ میلی لیتر مایع شکمبه عاری از سلول، ۰/۰۱ گرم رزازورین، ۳۰۰ میلی لیترآب مقطر، ۴ گرم بی کربنات سدیم و ۰/۵ گرم اسیدکلریدریک–سیستئین در هر لیتر از محیط کشت بود. محیط کشت آماده

شده به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس اتوکلاو شد. بلافاصله پس از برداشتن از اتوکلاو، محیط کشت با گاز دی اکسید کربن اشباع گردید به طوری که به مدت چندین دقیقه در این حالت قرار داشت. پس از آنکه دمای محیط کشت به دمای محیط آزمایشگاه تقلیل پیدا کرد کربنات سدیم و اسیدکلریدریک- سیستئین به محیط کشت افزوده شد تا pH آن به ۶/۵ برسد.

۳-۵-٤- روش انجام آزمایش کشت ثابت

۴۵ میلی لیتر از محیط کشت تهیه شده به داخل ویال‌های شیشه‌ای که هر یک حاوی ۰/۴۵ گرم از نمونه‌های جو فرآوری شده بود، افزوده شد و سپس به هر ویال ۵ میلی نیز مایع شکمبه افزوده شد. پس از بستن در جام ها توسط رابر و کپ آلومینیومی، عمل انکوباسیون در دمای ۳۹ درجه سلسیوس در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲،۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت در شش تکرار برای هر نمونه در هر زمان انجام گردید. محتویات شیشه‌ها با استفاده از صافی ۴۲ میکرومتر صاف گردید و مواد باقی‌مانده بر روی صافی با استفاده از آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و مقدار پروتئین خام و نشاسته در مواد باقی‌مانده اندازه گیری شد.

۳-٦- آزمایش دوم: تعیین گوارش پذیری شکمبه ای و پس از شکمبه ای دانه های جو فرآوری شده با استفاده از روش کیسه های نایلونی متحرک

۳-٦-۱- عمل جراحی جهت انجام آزمایش

ابتدا به منظور انجام این آزمایش از دو راس گوساله نر اخته نژاد هلشتاین استفاده شد. این گوساله ها با میانگین وزن ۳۱۸ کیلوگرم مورد عمل جراحی قرار گرفتند. تغذیه گوساله ها بر اساس ماده خشک در روز شامل ۵/۶ یونجه خشک با کیفیت بالا و ۱/۳ کیلوگرم سیلاژ ذرت و ۲/۵ کیلوگرم مواد متراکم (حاوی۱۷ درصد پروتئین خام) بود. گوساله ها ۲۴ ساعت قبل از جراحی تحت پرهیز غذایی قرار گرفتند. قبل از عمل جراحی داروی آرام بخش زایلازین هیدروکلرید به گوساله ها تزریق شد و کانولای روده ای در ۵ سانتی متری ابتدایی دئودنوم کار گذاشته شد و سپس فیستولای شکمبه ای نیز در محل مورد نظر نصب شد.گوساله ها پس از جراحی به مدت ۲ ماه مورد مراقبت قرار گرفتند تا شرایط فیزیولوژیکی طبیعی خود را بدست آورند.

۲-٦-۳- انکوباسیون شکمبه ای دانه های جو فرآوری شده

کیسه های نایلونی (با ابعاد ۹ ×۱۷ سانتی متر و اندازه سوراخ ۵۰ میکرومتر) حاوی ۶ گرم از نمونه های خشک و آسیاب شده پر شدند و با استفاده از نخ پلاستیکی بسته شدند. هر نمونه خوراک در ۶ تکرار (سه تکرار برای هر گوساله) در شکمبه برای مدت ۱۲ ساعت انکوباسیون شدند، و پس از ۱۲ ساعت، کیسه ها بطور همزمان از شکمبه خارج گردید و با آب سرد شستشو شدند. عمل شست و شو تا صاف شدن رنگ آب ادامه داشت. سپس کیسه ها با استفاده از آون در طی ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند.

۳-٦-۳- انکوباسیون روده ای دانه های جو فرآوری شده

نمونه ها پس از کشت شکمبه ای در شش تکرار درون روده باریک رها شدند. کیسه های نایلونی (با ابعاد۳×۶ سانتی متر و اندازه سوراخ ۵۲ میکرومتر) حاوی یک گرم ماده خشک به فاصله زمانی ۳۰ دقیقه درون کانولایT شکل که در ابتدای دئودنوم تعبیه شده بود، قرار داده و کیسه ها پس از ۱۲ تا ۳۶ ساعت از مدفوع بازیافت و با آب سرد شسته شدند، تا هنگامی که آب حاصل از شست و شو بی رنگ شد، سپس کیسه ها با استفاده از آون در طی ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند.

۷-۳- آزمایش سوم: تاثیر جیره‌های حاوی جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا آلوم با منابع مختلف غنی از پروتئین خام بر ویژگی‌های تولیدی و پاسخ‌های خونی گاوهای شیرده هلشتاین

۱-۷-۳- محل انجام آزمایش

این تحقیق در گاوداری گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۵ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ درجه شرق و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. اقلیم مشهد بر اساس روش آمبرژه، سرد و خشک بوده و متوسط بارندگی آن ۲۸۶ میلی‌متر می‌باشد. زمان انجام این آزمایش از اول اردیبهشت تا اواسط خرداد ماه سال ۱۳۹۵ بود. لازم به ذکر است که همه دانه‌های جو فرآوری نشده و شده با آلوم و عصاره تفاله چغندر قند، از یک رقم بودند.

۳-۷-۲- فرآوری دانه‌های جو با آلوم

در این آزمایش، حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم دانه جو در ۶ مرحله با آلوم (سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم) فرآوری گردید. در هر بار فرآوری، مقدار ۲۵۰ کیلوگرم دانه جو بر اساس ماده خشک توزین و در داخل یک وان پلاستیکی بزرگ ریخته شد. سپس مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم آلوم در ۱۲۵ لیتر آب ولرم حل و به دانه‌های جو اضافه شد. دانه‌های جو فرآوری شده در چند نوبت با هم کاملاً مخلوط گردید و به مدت ۴۸ ساعت در وان با استفاده از نایلون پوشانده شد. دانه‌های فرآوری شده به داخل چندین عدد گونی پلاستیکی ریخته شدند و با استفاده از آب سرد شستشو داده شدند تا آلوم که در سطح دانه‌ها باقی مانده بود، خارج شدند. سپس دانه‌های فرآوری شده در دمای اتاق خشک شده و تا زمان استفاده در داخل کیسه‌های پلاستیکی در انبار نگهداری شدند.

۳-۷-۳- فرآوری دانه‌های جو با عصاره تفاله چغندر قند

در این آزمایش، حدود ۱۵۰۰ کیلو دانه جو در ۶ مرحله با عصاره تفاله چغندر قند فرآوری گردید. در هر بار فرآوری، مقدار ۲۵۰ کیلوگرم دانه جو بر اساس ماده خشک توزین و در داخل یک وان پلاستیکی بزرگ ریخته شد. سپس مقدار ۱۲/۵لیتر عصاره تفاله چغندر قند به دانه‌های جو اضافه شد. دانه‌های جو فرآوری شده در چند نوبت با هم کاملاً مخلوط گردید و به مدت ۴۸ ساعت در وان با استفاده از نایلون پوشانده شد. دانه‌های جو فرآوری شده در دمای اتاق خشک شده و تا زمان استفاده در داخل کیسه‌های پلاستیکی در انبار نگهداری شدند. لازم به ذکر است که برای تهیه این عصاره، ابتدا مقدار ۲۰ کیلوگرم تفاله خشک بدون ملاس چغندرقند را داخل بشکه های پلاستیکی حاوی ۱۰۰ لیتر آب ولرم ریخته و به مدت ۴۸ ساعت و با فواصل زمانی ۳۰ دقیقه ای به طور دستی هم زده و سپس محلول بدست آمده، توسط فیلترهای پارچه ای صاف شد و برای عملیات فرآوری دانه های جو از آن استفاده شد.

٤-۷-۳- مشخصات گاوهای استفاده شده در آزمایش

برای انجام این آزمایش از ۱۸ راس گاو شیرده نژاد هلشتاین با تعداد روزهای شیردهی ۱۸±۲۱۵ روز و میانگین تولید شیر ۵/۸±۳۱/۷ کیلوگرم در روز و وزن بدن ۶۱/۲±۶۲۰/۷ کیلوگرم استفاده شد. قبل از انجام آزمایش، تمام گاوها از لحاظ شاخص‌های سلامتی معاینه شدند. از این تعداد گاو، ۶ راس چند بار زایش و ۱۲ راس زایش اول بودند.

گاوها در طی ۴۲ روز طول آزمایش، به طور انفرادی تغذیه شدند. آزمایش در قالب طرح مربع لاتین ۲×۲ تکرار شده بـا دو دوره آزمایشی ۲۱ روزه (هفـت روز عادت دهـی و ۱۴روز نمونه گیری) انجام شد. در شروع آزمایش و برای کسب اطمینان از عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تولید بین تیمارها، از آزمون هارتلی[۱] استفاده شد، ابتدا واریانس تولید شیر شش تکرار از هر تیمار محاسبه شد. سپس بزرگ‌ترین واریانس بر کوچک‌ترین آن‌ها تقسیم گردید (F تست) چون عدد حاصله کوچک‌تر از عدد جدول بود، لذا از یکنواخت بودن حیوان‌ها از نظر تولید شیر اطمینان حاصل شد (آت، ۱۹۸۸). در ادامه گاوها به صورت تصادفی در جایگاه انفرادی در داخل سالن تحقیقاتی قرار گرفتند و با جیره‌های مورد نظر به صورت انفرادی تغذیه شدند. تمام حیوان ها به طور آزاد به آب دسترسی داشتند و سه بار در روز (ساعت هـای ۰۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۴:۰۰) دوشیده شدند.

۳-۷-۵- جیره‌های آزمایشی و مدیریت گاوها در طول آزمایش

گاوها در جایگاه انفرادی و مسقف دارای آخور و آبشخور مجزا نگهداری شدند. هر روز پس از شیردوشی وعده صبح گاوها به مدت ۲ ساعت جهت استفاده از نور خورشید و تمیز کردن بسترشان در بهاربند نگه داشته شدند. کف جایگاه بتونی بود و در زیر هر گاو یک تشک پلاستیکی ضخیم قرار داشت. فاصله جایگاه تا سالن شیردوشی حدود ۵۰ متر بود. قبل از انتقال گاوها به این جایگاه، کف و قسمت زیر و روی تشک‌ها و محوطه جایگاه پاک‌سازی و شستشو شد و پس از خشک شدن، با فرمالین ضد عفونی گردید. در طول آزمایش هر روز پس از خروج گاوها جهت شیردوشی صبح، بستر و محوطه سالن تمیز و شستشو می‌شد و هر سه روز یک بار نیز با ساولن ضدعفونی می گردید.

در شروع این مرحله به منظور عادت پذیری گاوها به جایگاه جدید، به مدت یک هفته گاوها با جیره قبلی گاوداری که برای گاوهای پر تولید آماده شده بود تغذیه شدند و سپس به مدت ۴۲ روز از جیره‌های آزمایشی استفاده شد. یک هفته برای سازگاری دام‌ها و یک هفته برای تغییر جیره ها در نظر گرفته شد و داده برداری در طی ۴ هفته در کل دو دوره آزمایش انجام گرفت. داده‌های مربوط به شیر تولیدی در طی دوره سازگاری، وزن بدن آن‌ها و شکم زایش به عنوان کواریت جهت آنالیز داده‌های به دست آمده در دوره آزمایشی استفاده شدند.

جیره‌های آزمایشی سه بار در روز به صورت جیره‌های کاملاً مخلوط در اختیار گاوها قرار می گرفت. جیره های مورد استفاده شامل:۱)جیره پایه محتوی دانه جو معمولی به همراه ۰/۶ کیلوگرم کنجاله سویا و ۱/۹ کیلوگرم

۱-Hartleys Test

یاسمینومکس به عنوان شاهد اول، ۲)جیره پایه محتوی دانه جو معمولی به همراه ۱/۹ کیلوگرم کنجاله سویا و ۰/۶ کیلوگرم یاسمینومکس به عنوان شاهد دوم، ۳)جیره پایه محتوی دانه جو فرآوری شده با آلوم به همراه ۰/۶کیلوگرم کنجاله سویا و ۱/۹ کیلوگرم یاسمینومکس به عنوانHRAL، ۴)جیره پایه محتوی دانه جو فرآوری شده با آلوم به همراه ۱/۹ کیلوگرم کنجاله سویا و ۰/۶ کیلوگرم یاسمینومکس به عنوانLRAL،۵)جیره پایه محتوی دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندرقند به همراه ۰/۶ کیلوگرم کنجاله سویا و ۱/۹ کیلوگرم یاسمینومکس به عنوان HRSE و ۶)جیره پایه محتوی دانه جو فرآوری شده باعصاره تفاله چغندرقند به همراه۱/۹کیلوگرم کنجاله سویا و ۰/۶کیلوگرم یاسمینومکس به عنوان LRSE بودند. تنها تفاوت بین جیره های آزمایشی نوع فرآوری دانه جو و مقدار پروتئین عبوری بود (جدول ۳-۱).

جیره های آزمایشی با نرم افزار انجمن تحقیقات ملی (۲۰۰۱) با ویژگی های گاوهای مورد استفاده در آزمایش تنظیم گردید. گاوها در حد اشتها از جیره‌ها تغذیه شدند و به طور آزاد به آب دسترسی داشتند. مقدار خوراک باقی مانده هر روز در صبح روز بعد جمع آوری و توزین گردید. مقدار خوراک داده شده به گونه‌ای تنظیم گردید که بین ۵ تا ۱۰ درصد پس مانده وجود داشته باشد. جهت تعیین درصد ماده خشک پس مانده‌ها و نیز خوراک مصرفی تک تک گاوها در روزهای ۸ تا ۲۰ هر دوره ثبت گردید. رفتار تغذیه ای گاوها شامل خوردن، نشخوار کردن و کل زمان جویدن به طور مشاهده انفرادی چشمی در روز ۱۸ هر دوره به مدت ۲۴ ساعت ثبت گردید.

۳-۷-٦-نمونه برداری از شیر و خون

در روز آخر هر دوره از آزمایش در زمان های قبل از خوراک دهی وعده صبح، ۲، ۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی، نمونه خون از ورید گردن با کمک ونوجکت اخذ و در داخل لوله‌هایی که حاوی هپارین (به عنوان ماده ضد انعقاد) بود جمع آوری گردید. نمونه‌های خون درکنار یخ بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و سانتریفیوژ شدند.

گاوها روزانه سه بار در ساعت های ۰۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۴:۰۰ با دستگاه هرینگ بون دوشیده شدند نمونه شیر از هر سه وعده دوشش اخذ و پس از مخلوط شدن بر اساس مقدار شیر تولیدی در هر وعده، برای مقادیر چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی، کل مواد جامد، نیتروژن اوره ای و شمارش سلول های بدنی اندازه گیری شد.

جدول ۳-۱. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های استفاده شده در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین

	جیره های آزمایشی					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
اجزا جیره (گرم در ۱۰۰گرم ماده خشک)						
سیلاژ ذرت	۲۵/۱۸	۲۵/۱۸	۲۵/۱۸	۲۵/۱۸	۲۵/۱۸	۲۵/۱۸
یونجه خشک	۲۲/۰۴	۲۲/۰۴	۲۲/۰۴	۲۲/۰۴	۲۲/۰۴	۲۲/۰۴
ذرت	۱۱/۲۴	۱۱/۲۴	۱۱/۲۴	۱۱/۲۴	۱۱/۲۴	۱۱/۲۴
جو معمولی[1]	۲۰/۳۱	–	–	۲۰/۳۱	–	–
جو فرآوری شده با آلوم	–	۲۰/۳۱	–	–	۲۰/۳۱	–
جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند	–	–	۲۰/۳۱	–	–	۲۰/۳۱
سبوس گندم	۷/۱۷	۷/۱۷	۷/۱۷	۷/۱۷	۷/۱۷	۷/۱۷
کنجاله سویا	۲/۱۳	۲/۱۳	۲/۱۳	۶/۷۸	۶/۷۸	۶/۷۸
کنجاله یاسمینومکس®[1]	۶/۷۸	۶/۷۸	۶/۷۸	۲/۱۳	۲/۱۳	۲/۱۳
کنجاله کلزا	۴/۳۲	۴/۳۲	۴/۳۲	۴/۳۲	۴/۳۲	۴/۳۲
مکمل ویتامینه[2]	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸
جوش شیرین	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶
انرژی و ترکیب شیمیایی جیره (درصد در ماده خشک)						
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری بر کیلوگرم)	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰
انرژی خالص شیردهی(مگاکالری بر کیلوگرم)	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰
پروتئین خام(درصد)	۱۷/۵۰	۱۷/۵۰	۱۷/۵۰	۱۷/۸۰	۱۷/۸۰	۱۷/۸۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی(درصد)	۳۵/۱۰	۳۵/۱۰	۳۵/۱۰	۳۵/۲۰	۳۵/۲۰	۳۵/۲۰
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی(درصد)	۲۰/۴۰	۲۰/۴۰	۲۰/۴۰	۲۰/۲۰	۲۰/۲۰	۲۰/۲۰
کربوهیدرات‌های غیر الیافی(درصد)	۴۰/۱۰	۴۰/۱۰	۴۰/۱۰	۴۱/۶۰	۴۱/۶۰	۴۱/۶۰
کلسیم(درصد)	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
فسفر(درصد)	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰

۱- به ترتیب شامل جو فرآوری نشده، فرآوری شده با آلوم و عصاره تفاله چغندرقند و پروتئین عبوری یاسمینو مکس می‌باشد.

۲- هر کیلوگرم از مکمل معدنی و ویتامینی حاوی ۱۹۰۰۰۰ میلی گرم کلسیم، ۹۰۰۰۰ میلی گرم فسفر، ۵۰۰۰۰ میلی گرم سدیم، ۱۹۰۰۰میلی گرم منیزیم، ۳۰۰۰ میلی گرم آهن، ۳۰۰ میلی گرم مس، ۲۰۰۰ میلی گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی گرم روی، ۱۰۰ میلی گرم کبالت، ۱۰۰ میلی گرم ید، ۱ میلی گرم سلنیوم، ۳۰۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدانت (B.H.T)، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3و ۱۰۰ میلی گرم ویتامین E بود.

۳-۸- تعیین ترکیب شیمیایی

پس از نمونه برداری از نمونه‌های جو، نمونه‌ها با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی (Retsch Muhle mill, Retch EPP 15X20,Germany) با قطر منافذ ۱ میلی متر آسیاب شدند. هدف از انجام این آزمایش تعیین ترکیبات شیمیایی دو رقم دانه جو با شش نوع فرآوری (ترکیبات قلیایی و عصاره گیاهی)، بررسی ارتباط بین آن‌ها و تعیین ویژگی های فرآوری های شیمیایی مختلف بود.

۳-۹- تجزیه شیمیایی

در این مرحله تجزیه شیمیایی دو رقم دانه جو (نصرت و به رخ) قبل و بعد از فرآوری با ترکیبات قلیایی (هیدروکسید سدیم، آمونیاک و آلوم) و عصاره های گیاهی با توانایی تعویض کاتیون بالا (یونجه خشک، تفاله چغندر قند و جلبک دریایی) بر اساس روش‌های پیشنهادی AOAC (۲۰۰۰) با چهار تکرار انجام شد.

۳-۹-۱-اندازه گیری ماده خشک

برای تعیین ماده خشک مواد خوراکی مورد استفاده در آزمایش، پس از توزین نمونه‌ها در ظروف مخصوص با وزن مشخص، نمونه‌ها در آون (مدل ۸۵۴ Memmert، شرکت Schwabch کشور آلمان) در درجه حرارت ۵۵ تا۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و پس از رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت به دسیکاتور منتقل شده و پس از سرد شدن، اختلاف وزن اولین و دومین توزین، مقدار رطوبت آن‌ها تلقی شد و ماده خشک آن‌ها طبق فرمول زیر محاسبه شد:

(۱-۳)

$$A\% = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

A%=درصد رطوبت

W_1= وزن نمونه قبل از آون گذاری

W_2= وزن نمونه بعد از آون گذاری

100-A%=B%درصد ماده خشک نمونه

۳-۹-۲-اندازه گیری چربی خام

میزان چربی خام نمونه ها با استفاده از حلال هگزان در دستگاه سوکسله نیمه اتوماتیک (شرکت تکاتور سوئیس) اندازگیری شد (AOAC، 2000).

۳-۹-۳-اندازه گیری الیاف غیر محلول در شوینده خنثی (NDF)

الف) مشخصات دستگاه مورد نیاز

Fibertec System (1010 Heat Extractor, tecator, Hoganas, Sweden)

ب) مواد شیمیایی مورد نیاز

سدیم لوریل سولفات۳۰ گرم، EDTA ۱۸/۶۱گرم، بورات سدیم ۱۰آبه۶/۸ گرم،دی سدیم هیدروژن فسفات بدون آب ۴/۵۶ گرم،۲ – اتوکسی اتانول ۱۰ میلی لیتر، سولفات سدیم۰/۵ گرم به هر نمونه اضافه می شود.

ج) روش اندازه گیری

برای تعیین الیاف غیر محلول در شوینده خنثی مخلوطی حاوی سدیم لوریل سولفات، EDTA، دی سدیم هیدروژن فسفات بدون آب، ۲ –اتوکسی اتانول و بورات سدیم را با مقادیر مشخص (طبق روش پیشنهادی بخش خدمات وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا) مخلوط کرده و به حجم یک لیتر رسانده و یک گرم نمونه (دانه جو) و ۰/۵ گرم سولفات سدیم همراه ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول را به مدت یک ساعت در دستگاه جوشانده و بعد از صاف کردن با آب جوش و استن، مواد باقیمانده روی صافی راجمع آوری و با آب شستشو داده، سپس مواد باقی‌مانده درون کروسیبل‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه، کروسیبل‌ها و محتویات آن وزن شدند (W_1). سپس برای مدت ۵ ساعت داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۳۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا نمونه به خاکستر تبدیل شود. پس از سرد شدن نمونه، کروسیبل‌ها و خاکستر درون آن‌ها دوباره وزن شدند (W_2). مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی با کم کردن W_1 از W_2 و تقسیم آن بر وزن نمونه اولیه به دست آمد.

٤-۹-۳-اندازه گیری الیاف غیر محلول در شوینده اسیدی (ADF)

الف) مشخصات دستگاه مورد نیاز

Fibertec System (1010 Heat Extractor, tecator, Hoganas, Sweden)

ب) مواد شیمیایی مورد نیاز

ستابلن ۲۰ گرم و اسید سولفوریک مرک

ج) روش اندازه گیری

برای تعیین الیاف غیر محلول در شوینده اسیدی مخلوطی از ۲۰ گرم ستابلن و اسید سولفوریک ۱ نرمال را به حجم یک لیتر رسانده و ۱۰۰ میلی لیتر از محلول فوق را با یک گرم نمونه (دانه جو) به مدت یک ساعت در دستگاه می جوشانیم (طبق روش پیشنهادی بخش خدمات کشاورزی ایالات متحده آمریکا). سایر مراحل صاف کردن، آون و کوره گذاری مانند روش تعیین الیاف غیر محلول در شوینده خنثی است.

۳-۹-۵- اندازه گیری پروتئین خام

الف) تجهیزات مورد نیاز

دستگاه کجلدال اتوماتیک (Hoganas, Sweden،Kjeltec Auto 1030 Analyzer Tecator)

ب) مواد شیمیایی مورد نیاز

سولفات پتاسیم مِرک، سولفات مس مِرک، اسید سولفوریک غلیظ (۹۸ درصد)، اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال (۱۶/۷ میلی لیتر اسیدکلریدریک مرک با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد)، هیدروکسید سدیم ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم هیدروکسید سدیم تجاری با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد)، معرف رنگی (۱۰۰ میلی‌گرم متیل رِد در ۱۰۰ میلی لیتر الکل متیلیک، ۱۰۰ میلی‌گرم برموکروزل گرین در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل متیلیک، ۱۰۰ گرم اسید بوریک)، اسید بوریک با ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول برموکروزل گرین و ۷۰ میلی‌لیتر محلول متیل رد آماده شده، مخلوط و حجم آن به ۱۰ لیتر رسانده شد.

ج) روش اندازه‌گیری

میزان پروتئین خام بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) تعیین شد. بر این اساس، مقدار ۱ گرم از ماده خوراکی در لوله هضم ریخته شد. سپس ۴ گرم کاتالیزور (۳/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۵ گرم سولفات مس) و ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به لوله هضم افزوده شد و به مدت دو ساعت در دستگاه هضم کجلدال قرار داده شد. پس از انجام هضم، لوله‌ها از دستگاه هضم خارج شده و در زیر هود کاملاً سرد شدند. در این مرحله پس از افزودن ۷۵ میلی لیتر آب مقطر به هر لوله، لوله‌ها در دستگاه اتوماتیک کجلدال قرار داده شدند و میزان نیتروژن آن‌ها ثبت شد. میزان پروتئین خام هر نمونه از حاصل‌ضرب عدد ۶/۲۵ در درصد نیتروژن نمونه برآورد شد.

۳-۹-٦- اندازه گیری نیتروژن آمونیاکی

الف) مشخصات دستگاه مورد نیاز

دستگاه اسپکتروفوتومتر در ناحیه‌ی طول موج مرئی

(CE 1021 /1000 SERIES ,CECIL instruments, Cambridge,Egland)

ب) مواد شیمیایی مورد نیاز

فنول خالص جامد با خلوص ۹۹٪ ، سدیم نیتروپروساید، هیدروکسید سدیم، سدیم هایپو کلرید،سولفات آمونیوم و آب مقطر.

ج) روش اندازه گیری

برای اندازه‌گیری نیتروژن‌آمونیاکی به روش اسپکترومتریک، از دستورالعمل ویدربرن (۱۹۶۷) استفاده شد. ابتدا دو محلول فنولی و قلیایی آماده شد به این ترتیب که برای محلول فنولی، ۵ گرم فنول بعلاوه ۲۵ میلی‌گرم سدیم نیتروپروساید به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر رسید. برای این کار از آب مقطر دو بار تقطیر استفاده شد و برای محلول قلیایی، ۲/۵ گرم هیدروکسید سدیم بعلاوه ۴/۲ میلی‌لیتر سدیم هایپوکلرید با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر رسید. سپس یک سری محلول استاندارد به ترتیب با غلظت‌هایی از۱۰ تا ۱۵۰میلی‌گرم در دسی لیتر سولفات آمونیوم آماده شد. در لوله‌های آزمایش ابتدا ۵ میلی‌لیتر از محلول یک ریخته شد و سپس ۲۰ میکرو لیتر از هر کدام از محلول‌های استاندارد به لوله‌های آزمایش افزوده شد. سپس درب لوله‌ها با پارافیلم پوشانیده و محکم تکان داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر محلول دو به لوله‌ها اضافه شد و مجدداً تکان داده شد. لوله‌ها در جا لوله‌ای فلزی قرار داده شدند و به مدت ۲۰ دقیقه در داخل بن ماری ۳۷ درجه سلسیوس قرار گرفتند. سپس لوله ها از بن ماری خارج شدند و میزان جذب نور محتویات داخل آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر اندازه‌گیری و ثبت شد. از رگرسیون خطی میان غلظت سولفات آمونیوم (نیتروژن آمونیاکی موجود در آن) و جذب نور مربوط به هر یک از محلول‌های استاندارد یک معادله‌خطی درجه اول بدست آمد. سپس جذب نور تک تک نمونه‌های نیتروژن‌آمونیاکی به همین ترتیب اندازه‌گیری شد و در معادله قرار گرفت و غلظت نیتروژن آمونیاکی موجود در آن‌ها محاسبه شد:

$$Y = ax + b \qquad (۲-۳)$$

Y= جذب نور در طول موج ۶۲۵ نانومتر

a = شیب نمودار

x = غلظت نیتروژن آمونیاکی

b = عرض از مبدأ نمودار

۳-۹-۷- تعیین مقدار نشاسته

مقدار نشاسته با استفاده از روش انترون–اسید سولفوریک تعیین گردید و از گلوکز به عنوان استاندارد استفاده گردید و به صورت مقدار قند بر حسب گرم در کیلوگرم گزارش گردیدند. مراحل آن به شرح زیر می‌باشد (ساوت قیت ، ۱۹۷۶).

مقدار ۰/۲ گرم از هر یک از جوهای آسیاب شده داخل لوله سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتری ریخته و پس از اضافه کردن دو قطره اتانول ۸۰ درصد روی حمام بخار آب با هم مخلوط شدند. سپس ۵ میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه گردید و کاملاً مخلوط شدند. سپس مقدار۲۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد به آن‌ها اضافه شد و به شدت تکان داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در جای ثابتی قرار داده شدند و سپس به مدت ۲۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره الکلی جدا گردید و عمل عصاره گیری با افزودن ۳۰ میلی لیتر دیگر از الکل ۸۰ درصد به باقی‌مانده نمونه‌ها ادامه یافت. پس از سانتریفیوژ دوباره، عصاره حاصله به عصاره مرحله اول اضافه گردید. به دلیل این که الکل موجود در عصاره تهیه شده مانع واکنش بین قند و انترون می‌شود، لذا با استفاده از حمام آب گرم، عصاره را جوشانده و بدین طریق الکل آن خارج گردید، عمل تبخیر تا مرحله باقی ماندن محلول ابری و کدر مانند در ته ظرف ادامه یافت. محلول باقی مانده را به بالن‌های ۲۵۰ میلی لیتری منتقل و به حجم رسانده شد. از این محلول برای واکنش با انترون استفاده گردید. به همین منظور ۲ میلی لیتر از نمونه را داخل لوله آزمایش ریخته و به آن ۱۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک–انترون اضافه گردید. درب لوله‌های آزمایش با درپوش‌های موئینه دار بسته شد و به مدت ۱۲ دقیقه در حمام آب گرم در حال جوش قرار داده شدند تا واکنش انترون– اسید سولفوریک و هیدرات کربن کامل شود و در ادامه لوله‌های آزمایشی تا دمای اتاق خنک گردیدند.

به نمونه‌های باقی مانده ، ۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید و به خوبی تکان داده شدند. سپس ۶/۵ میلی لیتر اسید پرکلریک ۵۲ درصد به آن اضافه و به مدت ۵ دقیقه با میله شیشه‌ای بهم زده شدند. در مدت ۱۵ دقیقه بعدی نیز مخلوط چند بار بهم زده شد. در مرحله بعد، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه با

سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سوپرناتانت[1] به یک بالن ژوژه ۲۵۰ میلی لیتری منتقل و عمل عصاره گیری دوباره تکرار و عصاره به دست آمده به نمونه اولی اضافه و نمونه به حجم رسانده شد. سپس از نمونه آماده شده برای انجام واکنش با انترون استفاده گردید. از این مرحله به بعد، مراحل مانند تعیین میزان قند است.

۳-۹-۷-۱- محاسبه مقدار نشاسته

برای محاسبه مقدار قند و نشاسته، از محلول‌های با غلظت استاندارد استفاده گردید. به همین منظور، محلول‌های با غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون[2] گلوکز تهیه و مقدار ۲ میلی لیتر از هر کدام به لوله آزمایش منتقل گردید، سپس به هر کدام ده میلی لیتر محلول اسید سولفوریک– انترون اضافه شد و پس از بستن در آن‌ها با درپوش موئینه دار ، به مدت ۱۲ دقیقه در حمام آب گرم در حال جوش قرار داده شدند و سپس تا دمای اتاق خنک شدند. دو لوله آزمایش نیز به عنوان شاهد یا بلانک در نظر گرفته شد. لوله‌های شاهد، حاوی ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی لیتر محلول انترون اسید سولفوریک بود و کلیه مراحل آماده سازی نمونه‌ها نیز روی آن‌ها انجام گردید. واکنش بین محلول انترون– اسید سولفوریک و هیدرات‌های کربن، کمپلکس سبز رنگی تولید نموده و غلظت رنگ به دست آمده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۶۳۰ نانومتر قرائت گردید. برای محاسبه مقدار قند نمونه‌ها، ابتدا میزان جذب نوری محلول‌های استاندارد از غلظت کم به بالا، اندازه گیری شد و معادله استاندارد ترسیم گردید. میزان جذب نمونه‌های آزمایشی نیز اندازه گیری شد. برای تعیین نشاسته نیز مقدار محاسبه شده در عدد ۰/۹ (ضریب تبدیل) ضرب گردید. زیرا که در نتیجه هیدرولیز ۰/۹ گرم نشاسته در حدود یک گرم گلوکز تولید می‌شود.

۳-۱۰- اندازه گیری قابلیت هضم مواد مغذی در شرایط درون تنی

قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، نشاسته و پروتئین خام در کل دستگاه گوارش با استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان مارکر داخلی محاسبه گردید. در طی ۵ روز آخر آزمایش سه بار در روز از مدفوع هر گاو نمونه برداری شد. نمونه‌های مربوط به هر گاو با هم مخلوط و یک نمونه از آن‌ها برداشته و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد.

۱-Supernatant

۲- Part per million(ppm)

۱-۱۰-۳- جمع‌آوری مدفوع

در هفته آخر آزمایش نمونه‌های مدفوع نیز (تقریباً ۵۰۰ گرم در هر نوبت نمونه‌برداری) در پنج روز متوالی در سه مرتبه در روز از رکتوم هر یک از گاوها برداشته شد. نمونه‌های مربوط به هر گاو با هم مخلوط و یک نمونه از آن‌ها برداشته شد و در دمای ۵۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و توسط آسیاب آزمایشگاهی در اندازه ۱ میلی‌متر آسیاب گردید و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس تا زمان آنالیز نگهداری شدند. در زمان آنالیز، مقادیر پروتئین خام، خاکستر خام، چربی خام، ADF و NDF بر اساس روش‌های AOAC (۲۰۰۲) و خاکستر نامحلول در اسید آن‌ها بر اساس روش ون کولن و یانگ (۱۹۷۷) اندازه‌گیری شد. از خاکستر نامحلول در اسید به عنوان مارکر داخلی برای تعیین ضریب قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش ماده خشک و مواد مغذی با استفاده از معادله زیر استفاده گردید.

{کیلوگرم مدفوع/گرم معرف)/[(کیلوگرم خوراک/گرم معرف)-(کیلوگرم مدفوع/گرم معرف)]}= قابلیت هضم (۳-۶)

۲-۱۰-۳- اندازه گیری خاکستر نامحلول در اسید

برای این منظور، یک نمونه ازخوراک کاملاً مخلوط در روز ۱۵ و ۱۸ هر دوره جهت تعیین خاکستر نامحلول در اسید[1] گرفته و تا پایان آزمایش منجمد شد. درصد خاکستر نامحلول در اسید با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$AIA\% = (W_f - W_e)/W_s \times ۱۰۰$$

(۳-۵)

که در این معادله:

W_f= وزن کروزه با خاکستر

W_e=وزن خالی کروزه

W_s=وزن نمونه خشک

مقدار ۵ گرم نمونه خوراک یا مدفوع که قبلاً خشک و آسیاب شده بودند در داخل کروسیبل ۵۰ میلی لیتری ریخته شد و به مدت ۲ ساعت در آون در دمای ۱۳۵ درجه سلسیوس خشک گردید و در داخل دسیکاتور در دمای

[1] Acid Insoluble Ash (AIA)

اتاق سرد شد و دوباره توزین و در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس خاکستر گیری شد. خاکستر به داخل بشر ۶۰۰ میلی لیتری ریخته شد و مقدار ۱۰۰ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به آن افزوده شد. مخلوط ایجاد شده به مدت ۵ دقیقه بر روی هیتر جوشانده شد. سپس مخلوط فوق با کاغذ صافی وات من شماره ۴۱ صاف و با آب مقطر ۸۵ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس شستشو داده شد. کاغذ صافی و خاکستر باقی‌مانده بر روی آن دوباره به داخل کروسیبل منتقل و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس خاکستر گیری شد. کروسیبل و مواد داخل آن دوباره در داخل دسیکاتور خنک و توزین گردید. بعد از خالی کردن خاکستر داخل آن دوباره کروسیبل خالی توزین گردید.

۳-۱۱- اندازه گیری ترکیبات شیر، آمونیاک شکمبه و خوراک مصرفی

گاوها روزانـه سـه بـار دوشیده شدند و نمونه شیر از هر سه وعده دوشش اخذ و پس از مخلوط شدن بر اساس مقدار شیر تولیدی در هر وعده، برای مقادیر چربی، پروتئین، لاکتوز، مواد جامد بدون چربی، کـل مـواد جامد، نیتروژن اوره ای و شمارش سلول هـای بـدنی شـیرتوسط دستگاه میلکواسکن فاس[۱] مدل ۲۳۴۵، ساخت کشور دانمارک در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اندازه گیری شد.

غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از دستگاه نیمه اتوماتیک شرکت فاس در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه گیری شد.

خوراک مصرفی روزانه گاوها و پس مانده‌ها که هفتگی نمونه برداری و در سردخانه نگهداری می‌شد در آخر دوره مخلوط شده و یک نمونه از آن برداشته و در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشگاه فردوسی مشهد طبق روش‌های AOAC (۲۰۰۰) تجزیه شد.

۳-۱۲- اندازه‌گیری نیتروژن اوره‌ای شیر[۲]

برای اندازه‌گیری MUN، ابتدا نمو نه‌های شیر از فریزر (دمای ۲۰- درجه سلسیوس) خارج و جهت گرم شدن در داخل حمام آب گرم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گذاشته شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند (نلسون،۱۹۹۶). پس از خارج کردن چربی نمونه‌ها، از بخش فاقد چربی برای اندازه‌گیری MUN نمونه‌ها بر اساس دستورالعمل کیت شرکت درمان گاو استفاده گردید.

۱-Foss

۲-Milk urinary nitrogin

۳-۱۳- اندازه گیری مقدار pH مایع شکمبه

الف) مشخصات دستگاه مورد نیاز

دستگاهpH متر مدل (744 Metrohm،Switzerland)

ب) روش اندازه گیری

پس از استاندارد کردن دستگاه با استانداردهای داری pH=۴ وpH=۷، الکترود دستگاه در داخل محلول مورد نظر قرار گرفت و مقدار pH تعیین شد. به منظور تعیین pH شکمبه، نمونه مایع شکمبه هر گاو در آخرین روز آزمایش، قبل از خوراک وعده صبح، با لوله مری جمع آوری و بلافاصله توسط pH متر تعیین شد. برای اندازه گیری نیتروژن آمونیاکی، مقدار ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال را با ۵ میلی لیتر مایع شکمبه صاف شده مخلوط گردید و تا زمان انجام آزمایش در فریزر در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگه داشته شدند. روش اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی در بخش۳-۹-۶ توضیح داده شده است.

۳-۱٤-اندازه گیری فراسنجه‌های خونی

نمونه‌های خون جمع آوری شده درکنار یخ بلافاصله به آزمایشگاهی که در داخل گاوداری بود منتقل و به مدت ۲۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پلاسمای جدا شده تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد.ترکیبات خونی شامل گلوکز، پروتئین کل،نیتروژن اوره‌ای،کلسترول،تری گلیسیریدها، فسفر و کلسیم و نیز آنزیم های کبدیAST،ALT با استفاده از کیت‌های بیوشیمی شرکت بیوسیستم[۱] و با دستگاه اتوآنالایزر بیوسیستم مدل A-15 ساخت کشور اسپانیا، در گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه گیری شد.

۳-۱۵- تغییرات وزن بدن

جهت تعیین تغییرات وزن گاوها، در ابتدا و انتهای دوره پس از شیردوشی وعده صبح و قبل از تغذیه وعده صبح، گاوها وزن کشی شدند.

[۱] BioSystem, Spain

۳-۱۶- محاسبه ها و تجزیه و تحلیل آماری

۳-۱۶-۱- ترکیبات شیمیایی و آزمایش کشت ثابت

برای مقایسه میانگین‌ها در آنالیز ترکیب شیمیایی از آزمون دانکن استفاده گردید. داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی دانه های جو فرآوری شده با ترکیبات قلیایی یا عصاره گیاهی از P<۰/۰۵ برای بیان معنی‌داری اثرات این فرآوری ها استفاده شد.

مدل درجه اول غیر خطی برای تخمین فراسنجه های کینتیک هضم ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای آنالیز داده‌های به دست آمده از روش کشت ثابت از مدل زیر استفاده گردید.

$$D_t = D_i.e^{-kt} + I \qquad (۳-۳)$$

که در این مدل D_t، باقی‌مانده بخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ D_i، بخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ t، زمان انکوباسیون بر حسب ساعت؛ k، ثابت نرخ هضم (در هر ساعت)؛ I، بخش غیر قابل هضم در هر زمان بود.

مدل آماری مورد استفاده درکشت ثابت در قالب طرح کاملا تصادفی و به ترتیب زیر بود:

$$Y_{ijk}=\mu + A_i + B_j + e_{ijk} \qquad (۳-۷)$$

در این مدل Y_{ijk} یک متغیر وابسته، μ اثر ثابت میانگین جمعیت برای متغیر وابسته، A_i، اثر فرآوری، B_j اثر رقم (نصرت و به رخ) و e_{ij}، اثر تصادفی مربوط به خطای آزمایشی بود. از P<۰/۰۵ برای بیان معنی‌داری اثرات تیمارها استفاده شد. داده‌های مربوط به فراسنجه‌های کینتیک درجه اول گوارش پذیری نمونه‌ها، با استفاده از مدل MIXED در محیط نرم افزار SAS (۲۰۰۲) مورد آنالیز آماری قرار گرفت و میانگین آن‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه گردید.

۳-۱۶-۲- آزمایش کیسه های نایلونی متحرک

مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی و به ترتیب زیر بود:

$$Y_{ij}=\mu + A_i + e_{ij} \qquad (۳-۸)$$

در این مدل Y_{ij} یک متغیر وابسته، μ اثر ثابت میانگین جمعیت برای متغیر وابسته، A_i، اثر فرآوری و e_{ij}، اثر تصادفی مربوط به خطای آزمایشی بود. برای بیان معنی داری اثرات تیمارها از سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.

جهت تعیین قابلیت هضم در هر یک از قسمت های دستگاه گوارش با استفاده از کیسه های نایلونی متحرک از فرمول های ذیل (دانش مسگران،۱۳۸۸) استفاده گردید:

(۴-۳)

میزان ماده مغذی درهر کیسه قبل از شکمبه گذاری/ میزان ماده مغذی باقی مانده در هر کیسه پس از شکمبه گذاری – میزان مواد مغذی در هر کیسه قبل از شکمبه گذاری = **ناپدید شدن مواد مغذی در شکمبه**

میزان ماده مغذی درهر کیسه قبل از روده گذاری/ میزان ماده مغذی باقی مانده در هر کیسه پس از روده گذاری – میزان مواد مغذی در هر کیسه قبل از روده گذاری = **ناپدید شدن مواد مغذی در روده باریک**

۱۰۰۰×{(نسبت هضم در روده × نسبت ناپدیدشدن در شکمبه -۱)) + نسبت ماده مغذی ناپدید شده در شکمبه }= **ناپدید شدن در کل دستگاه گوارش(گرم در کیلوگرم)**

۳-۱۶-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها مربوط به آزمایش درون تنی

داده‌های بدست آمده در قالب طرح مربع لاتین تکرار شده۲×۲ با دو دوره آزمایشی ۲۱ روزه (هفت روز عادت دهی و ۱۴ روز نمونه گیری) استفاده گردید. تنها تفاوت بین جیره های آزمایشی نوع فرآوری دانه جو و سطوح RUP بود. جیره ها شامل شش جیره و سه راس گاو برای هر تیمار بود. داده‌ها با استفاده از رویه MIXED نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (۲۰۰۲) طبق مدل زیر تجزیه و تحلیل گردیدند.

$$Yijklmn = \mu + Si + C(S)ij + Pk + Tl + bl(Pmilk) + Dm + (TD)lm + eijklmn \quad (۳-۹)$$

در این مدل Yijklmn متغیر وابسته؛ μ میانگین جمعیت برای متغیر؛ Si اثر ثابت مربع؛ C(S)ij اثر تصادفی گاو داخل مربع؛ Pk اثر ثابت دوره؛ bl(Pmilk) عامل کوواریت تولید شیر قبل از آزمایش؛ Tl اثر ثابت زمان نمونه گیری(روز یا ساعت) ؛ Dm اثر ثابت تیمار(نوع فرآوری دانه جو)؛ (TD)lm اثر ثابت ارتباط متقابل بین تیمار و زمان نمونه گیری و eijklmn خطای آزمایشی می باشد. در ارتباط با داده های تکرار نشده از رابطه (۹-۳) در حالی استفاده شد که اثر زمان و اثر متقابل زمان در تیمار از مدل برداشته شده بود. تفاوت بین میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت. اختلاف بین تیمار ها در سطح احتمال بین ۰/۰۵ تا ۰/۱۰ به عنوان تمایل به معنی داری در نظر گرفته شد. (کپس و لامبرسون، ۲۰۰۴).

فصل چهارم

نتایج و بحث

٤-١- تاثیر فرآوری دانه جو با عصاره های گیاهی دارای تبادل کاتیونی بالا یا ترکیبات قلیایی

٤-١- ١- اثر فرآوری دانه جو با عصاره گیاهی

تاثیر فرآوری دانه جو با عصاره یونجه بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۴-۱ و ۴-۲ نشان داده شده است. در این آزمایش بیشترین تاثیر فرآوری با عصاره یونجه بر مقدار ماده خشک دانه جو (۸۹۰/۸ گرم درکیلوگرم) در واریته نصرت نسبت به سایر فرآوری ها بوده است اما کمترین تاثیر را بر الیاف نا محلول در شوینده خنثی (۲۲۱/۵ گرم درکیلوگرم ماده خشک) نسبت به سایر فرآوری ها داشته است. در واریته به رخ نیز کمترین تاثیر عصاره یونجه برمیزان پروتئین خام (۱۲۳/۲ گرم درکیلوگرم ماده خشک) نسبت به سایر فرآوری ها مشاهده شد.

تاثیر فرآوری دانه جو با عصاره جلبک دریایی بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۱-۴ و ۴-۲ نشان داده شده است. فرآوری با عصاره جلبک دریایی در واریته نصرت هم بر میزان پروتئین خام و هم نشاسته تاثیر معنی داری ($p<۰/۰۵$) داشته است و این مقدار به ترتیب ۱۳۲/۲ و ۶۲۴/۲ گرم درکیلوگرم ماده خشک بوده است. در این آزمایش بیشترین تاثیر عصاره جلبک دریایی در واریته به رخ نسبت به سایر فرآوری ها بر میزان ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و چربی خام (به ترتیب ۸۹۷/۶، ۸۷/۷ و ۲۳/۸ گرم در کیلوگرم ماده

خشک) مشاهده شد. البته در این آزمایش بیشترین تاثیر فراوری دانه جو با عصاره جلبک دریایی نسبت به سایر فرآوری ها بر میزان چربی خام (۲۱ گرم درکیلوگرم ماده خشک) واریته نصرت مشاهده شد.

تاثیر فرآوری دانه جو با عصاره تفاله چغندر قند بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۴-۱ و ۴-۲ نشان داده شده است. فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند سبب کاهش میزان پروتئین خام در واریته نصرت نسبت به سایر فرآوری ها شد (۱۱۹/۵ گرم درکیلوگرم ماده خشک). میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی، میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر خام و چربی خام (به ترتیب ۲۲۲ ، ۲۰/۸۱،۱/۷ و ۱۹/۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک) شد و این در حالی است که در واریته به رخ باعث افزایش معنی داری ($p<۰/۰۵$) در میزان نشاسته (۶۹۰ گرم درکیلوگرم ماده خشک) و خاکستر خام (۳۳/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و بیشترین کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۲۰۹ و ۷۹ گرم درکیلوگرم ماده خشک) نسبت به سایر فرآوری ها شده است.

٤-۱- ۲- اثر فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی

تاثیر فرآوری دانه جو با آلوم بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۴-۱ و ۲-۴ نشان داده شده است. در واریته نصرت، فرآوری دانه جو با آلوم کمترین تاثیر را در بین تیمارها بر روی ماده خشک و نشاسته (به ترتیب۸۸۶/۳ و۶۱۰/۷ گرم درکیلوگرم ماده خشک) بر جا گذاشت. ولی در واریته به رخ تاثیر برمیزان نشاسته (۶۸۹ گرم درکیلوگرم ماده خشک) از اهمیت ویژه ای برخوردار بود چرا که بعد از عصاره تفاله چغندر قند، بیشترین تاثیر را بر مقدار نشاسته گذاشته بود.

تاثیر فرآوری دانه جو با هیدروکسید سدیم بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۴-۱ و ۴-۲ نشان داده شده است. در واریته نصرت تاثیر قابل توجه ای از هیدروکسید سدیم بر مواد مغذی دانه جو مشاهده نشد اما در واریته به رخ، هیدروکسید سدیم بیشترین تاثیر را برمیزان پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (به ترتیب ۱۲۶/۴ و۲۱۷/۷ گرم درکیلوگرم ماده خشک) بر جا گذاشت و کمترین تاثیر را بر روی خاکستر خام و چربی خام (به ترتیب ۳۰/۸ و ۲۰/۸ گرم درکیلوگرم ماده خشک) بر جا گذاشت.

تاثیر فرآوری دانه جو با آمونیاک مایع بر مواد مغذی در واریته های نصرت و به رخ به ترتیب در جداول ۴-۱ و ۴-۲ نشان داده شده است. در این آزمایش فرآوری دانه جو با آمونیاک مایع بر روی الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به سایر فرآوری ها مشاهده شد و مقدار آن به ترتیب در واریته

نصرت ۲۲۶/۵ و ۸۴/۵ و در واریته به رخ ۲۱۳ و ۸۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک مشاهده شد. فرآوری دانه جو با آمونیاک مایع بیشترین تاثیر را بر میزان ماده خشک واریته به رخ (۸۸۴ گرم درکیلوگرم ماده خشک) بر جای گذاشت.

جدول ٤-١. ماده خشک و ترکیب شیمیایی (گرم درکیلوگرم ماده خشک) دانه جو واریته نصرت فرآوری نشده و شده با ترکیبات قلیایی و عصاره های گیاهی

پارامتر	شاهد	ترکیبات قلیایی			عصاره گیاهی			SEM[1]	سطح معنی داری
		آمونیاک	سود	آلوم	چغندرقند	یونجه	جلبک دریایی		
ماده خشک	۸۹۰/۰	۸۸۶/۷	۸۸۷/۴	۸۸۶/۳	۸۸۹/۰	۸۹۰/۸	۸۸۷/۹	۱۹/۳۷	۰/۲۷
پروتئین خام	۱۲۰/۰^{c}	۱۲۴/۰^{ab}	۱۲۷/۳^{a}	۱۲۳/۸^{ab}	۱۱۹/۵^{c}	۱۲۷/۲^{a}	۱۳۲/۲^{ab}	۲/۹۹	۰/۰۵
نشاسته	۶۲۰/۳^{ab}	۶۱۱/۹^{b}	۶۱۹/۰^{ab}	۶۱۰/۷^{b}	۶۱۹/۸^{ab}	۶۱۸/۰^{ab}	۶۲۴/۲^{a}	۷۰/۳۴	۰/۰۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۲۲۱/۱	۲۲۶/۵	۲۲۱/۹	۲۲۴/۰	۲۲۲/۰	۲۲۱/۵	۲۲۳/۲	۱۸/۲۴	۰/۴۴
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۸۰/۰	۸۴/۵	۸۲/۲	۸۳/۳	۸۱/۷	۸۴/۱	۸۳/۱	۳/۸۱	۰/۱۵
خاکستر خام	۲۰/۳	۲۱/۶	۲۱/۰	۲۱/۵	۲۰/۱	۲۰/۹	۲۱/۱	۲/۳۱	۰/۶۶
چربی خام	۱۹/۰	۱۹/۴	۲۰/۳	۲۰/۰	۱۹/۱	۲۰/۵	۲۱/۰	۱/۷۳	۰/۴۹

۱) میانگین خطای استاندارد ؛ حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری $p<۰/۰۵$ می باشد.

جدول ٤-٢. ماده خشک و ترکیب شیمیایی (گرم درکیلوگرم ماده خشک) دانه جو واریته به رخ فرآوری نشده و شده با ترکیبات قلیایی و عصاره های گیاهی

پارامتر	شاهد	ترکیبات قلیایی			عصاره گیاهی			SEM[1]	سطح معنی داری
		آمونیاک	سود	آلوم	چغندرقند	یونجه	جلبک دریایی		
ماده خشک	۸۹۹/۶	۸۸۴/۰	۸۸۶/۲	۸۸۸/۱	۸۹۶/۶	۸۹۱/۵	۸۹۷/۶	۱۹/۳۷	۰/۲۲
پروتئین خام	۱۲۴/۱	۱۲۳/۵	۱۲۶/۴	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۳/۲	۱۲۵/۳	۲/۹۹	۰/۱۴
نشاسته	۶۵۰/۰^{b}	۶۸۳/۰^{ab}	۶۸۵/۰^{ab}	۶۸۹/۰^{ab}	۶۹۰/۰^{a}	۶۸۰/۰^{b}	۶۸۴/۰^{ab}	۳۴/۷۰	۰/۰۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۲۲۵/۱	۲۱۳/۰	۲۱۷/۷	۲۱۲/۰	۲۰۹/۰	۲۱۶/۹	۲۱۶/۸	۱۸/۲۴	۰/۳۸
الیاف نا محلول در شوینده اسیدی	۸۷/۹	۸۳/۰	۸۴/۴	۸۰/۵	۷۹/۰	۸۴/۰	۸۷/۷	۳/۸۱	۰/۱۸
خاکستر خام	۳۰/۰	۳۱/۱	۳۰/۸	۳۰/۹	۳۳/۳	۳۱/۹	۳۲/۳	۲/۳۱	۰/۴۵
چربی خام	۲۱/۱	۲۱/۶	۲۰/۸	۲۳/۳	۲۲/۱	۲۲/۱	۲۳/۸	۱/۷۳	۰/۳۹

۱) میانگین خطای استاندارد ؛ حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری $p<۰/۰۵$ می باشد.

کمپبل و همکاران (۱۹۹۵) مقدار پروتئین خام شش رقم دانه جو که در ۱۲ منطقه مختلف کشت شده بودند را از ۹۳ تا ۱۸۲ گرم در کیلوگرم گزارش کردند. در مطالعه حاضر مقدار پروتئین خام ارقام دانه جو فرآوری شده مورد مطالعه در دامنه ۱۱۹ تا ۱۳۲ با میانگین ۱۲۵ گرم در کیلوگرم بود، که در مقایسه با مقدار گزارش شده توسط قربانی و حاج حسنی (۲۰۰۲) در مورد ۱۰ رقم دانه جو بیشتر می‌باشد. این عدد در مطالعه تقی زاده و همکاران (۲۰۰۵) ۱۰۵ گرم در کیلوگرم گزارش شده است. مقدار پروتئین خام ارقام دانه جو ایرانی نسبت به ارقام خارجی کمتر است. مقدار پروتئین خام بدست آمده در این آزمایش از مقدار ۷۲ تا ۲۱۴ گرم رینولدز و همکاران (۱۹۹۷)، ۹۳ تا ۱۸۲ گرم در کیلوگرم کمپبل و همکاران (۱۹۹۵) و ۱۲۲ تا ۱۵۹ گرم در کیلوگرم کالکسن و همکاران (۲۰۰۵) کمتر بود، در حالی که خراسانی و همکاران (۱۹۹۵) متوسط مقدار پروتئین ۶۰ رقم دانه جو کانادایی را ۱۳۳ گرم درکیلوگرم اعلام کردند و NRC (۲۰۰۱) عدد ۱۲۴ گرم درکیلوگرم را برای دانه جو گزارش کرده است. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از اختلاف بین ارقام و شرایط رشد باشد.

برادشو و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که تنوع در فصل و محیط می‌تواند بر ترکیب شیمیایی دانه جو موثر باشد. مقدار پروتئین خام ارقام جو مورد مطالعه در این آزمایش نتایج اورتگا–سیریلا و همکاران (۱۹۹۹) و یو و همکاران (۲۰۰۳) را تایید می‌کند. مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ارقام دانه جو در مقایسه با نتایج قربانی و حاج حسنی (۲۰۰۲) و وودز و همکاران (۲۰۰۳) واریانس کمتری داشت و با نتایج کولکسون و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت. نتایج آزمایش حاضر مقدار چربی خام و خاکستر گزارش شده توسط نتایج شایوز و گوللورد (۲۰۰۲) را تایید می‌نماید.

نشاسته در گرانول‌های مجزا در آمیلوپلاست در طی تکامل دانه ذخیره می‌شود. گرانول‌های بزرگ که نوع A نامیده می‌شوند و دارای قطری بین۱۵ تا ۲۵ میکرومتر هستند، در مراحل اولیه تکامل ایجاد می‌شود. گرانول‌های کوچک‌تر یا همان گرانول‌های نوع B که کمتر از ۱۰میکرومتر هستند و در اواسط تکامل ایجاد می‌شود. گرانول‌های نوع C که خیلی کوچک هستند و دارای قطر کمتر از ۵ میکرومتر هستند، در اواخر تکامل ایجاد می‌شوند (بچتل و همکاران، ۱۹۹۰، پارکر، ۱۹۸۵، واتسون،۱۹۸۷).

دو آنزیم کلیدی در بیوسنتز نشاسته، آنزیم‌های نشاسته ساز و شاخه ساز هستند که این دو آنزیم، نقش اساسی در کاهش مقدار نشاسته با افزایش درجه حرارت به بیش از ۲۵ درجه سلسیوس را ایفا می‌کنند (کیلینک و همکاران، ۱۹۹۴). آنها همچنین بیان کردند که آنزیم نشاسته ساز[۱] مهم‌ترین عامل تنظیم ساخت نشاسته می‌باشد.

درجه حرارت زیاد در طی پر شدن دانه[۲] نه تنها تجمع نشاسته و رونوشت برداری[۳] از آنزیم‌های نشاسته ساز را متاثر می‌سازد، بلکه وزن ماده خشک، و زمان بلوغ را کوتاه نموده و الگوی رونوشت برداری از ذخایر پروتئین گلوتن را نیز تغییر می‌دهد (تستر و همکاران، ۲۰۰۱). در برنج، درجه حرارت زیاد مقدار آمیلوز را کاهش و طول زنجیر آمیلوپکتین را افزایش داد (آسائوکا و همکاران، ۱۹۸۹). در دانه ذرت نیز با افزایش درجه حرارت، اندازه گرانول‌های نشاسته و مقدار آمیلوز کاهش یافت (لو و همکاران، ۱۹۹۶).

٤-۲- آزمایش کشت ثابت

۱-۲-٤- ماده خشک

ارقام متوسط فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای ماده خشک دانه جو تحت تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف در واریته های نصرت و به رخ در آزمایش کشت ثابت در جداول ۴-۳ و ۴-۴ آورده شده است. فرآوری دانه جو واریته نصرت با هیدروکسید سدیم باعث کاهش بخش با پتانسیل تجزیه پذیری ماده خشک (۰/۵۴) و فرآوری با آمونیاک مایع باعث افزایش آن (۰/۶۴) شده است. این در حالی است که در واریته به رخ، فرآوری دانه جو با هیدروکسید سدیم و آلوم به ترتیب سبب کاهش و افزایش بخش با پتانسیل تجزیه پذیری ماده خشک (۰/۵۳ و ۰/۷۵) شده است.

در این آزمایش کمترین مقدار بخش غیر قابل هضم ماده خشک مربوط به فرآوری دانه جو واریته نصرت با آلوم و عصاره یونجه و بیشترین آن در فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند مشاهده شد. این در حالی است که در واریته به رخ کمترین مقدار بخش غیر قابل هضم ماده خشک مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم بود. کمترین ثابت نرخ هضم در واریته نصرت مربوط به فرآوری با آمونیاک مایع و عصاره جلبک دریایی و بیشترین مقدار آن در واریته به رخ مربوط به فرآوری با آمونیاک مایع بود. این در حالی است که بیشترین ثابت نرخ هضم ماده خشک در

۱-Starch synthases

۲-Grain-fill

۳-Transcript

واریته نصرت مربوط به فرآوری با آلوم و کمترین آن در واریته به رخ مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم، آلوم، عصاره های یونجه و جلبک دریایی بود.

جدول٤- ۳. تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو واریته نصرت بر فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای ماده خشک، پروتئین و نشاسته با استفاده از روش برون تنی کشت ثابت

فراسنجه	شاهد	ترکیبات قلیایی			عصاره گیاهی			SEM[1]	سطح معنی داری	
		آمونیاک	سود	آلوم	چغندرقند	یونجه	جلبک دریایی		فرآوری قلیایی مقابل عصاره گیاهی	کنترل در مقابل فرآوری‌ها
ماده خشک										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۳۸	۰/۶۴	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۱۴	۰/۶۸	۰/۴۵
بخش غیر قابل هضم	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۲۲
ثابت نرخ هضم	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۶۱	۰/۵۶
پروتئین خام										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۰۵	۰/۷۲	۰/۸۸
بخش غیر قابل هضم	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۳۹	۰/۲۰
ثابت نرخ هضم	۰/۰۶^{ab}	۰/۰۳^{c}	۰/۰۸^{a}	۰/۰۸^{a}	۰/۰۸^{a}	۰/۰۷^{ab}	۰/۰۳^{c}	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۰/۲۷
نشاسته										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۰۳	۰/۶۹	۰/۷۴
بخش غیر قابل هضم	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۴۴	۰/۳۸
ثابت نرخ هضم	۰/۰۷^{c}	۰/۰۶^{c}	۰/۰۸^{bc}	۰/۱۱^{a}	۰/۰۴^{d}	۰/۰۹^{bc}	۰/۰۷^{c}	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۱۸

۱) میانگین خطای استاندارد ؛ حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری $p<۰/۰۵$ می باشد. برای آنالیز داده‌های به دست آمده از روش کشت ثابت و از مدل $D_t = D_i.e^{-kt} + I$ استفاده گردید. در این مدل D_t، باقی‌مانده بخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ D_i، بخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ t، زمان انکوباسیون بر حسب ساعت؛ k، ثابت نرخ هضم (در هر ساعت)؛ I، بخش غیر قابل هضم در هر زمان می باشد.

۲-۲-٤- پروتئین خام

ارقام متوسط فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای پروتئین خام دانه جو تحت تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف در واریته های نصرت و به رخ در آزمایش کشت ثابت در جداول ۴-۳ و ۴-۴ آورده شده است. فرآوری دانه جو واریته نصرت با آمونیاک مایع سبب کاهش پتانسیل تجزیه پذیری پروتئین خام و فرآوری با عصاره چغندر قند باعث افزایش آن نسبت به سایر تیمار ها شد. در این پژوهش بیشترین مقدار پتانسیل تجزیه پذیری پروتئین خام در واریته به رخ مربوط به فراوری دانه جو با عصاره جلبک دریایی (۰/۷۳) و کمترین آن مربوط به فرآوری با آمونیاک مایع (۰/۶۰) بود.

بیشترین مقدار بخش غیر قابل هضم پروتئین خام در واریته نصرت مربوط به فرآوری دانه جو با آمونیاک مایع و در واریته به رخ مربوط به فرآوری دانه جو با آلوم بود. از طرف دیگر کمترین مقدار بخش غیر قابل هضم مربوط به فرآوری با عصاره یونجه (۰/۱۶) در واریته نصرت و فرآوری با عصاره جلبک دریایی (۰/۱۴) در واریته به رخ بود. در این آزمایش ثابت نرخ هضم پروتئین در فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی نسبت به عصاره های گیاهی در واریته نصرت معنی دار ($p<۰/۰۵$) بود و بیشترین آن مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم، آلوم (۰/۰۵) و عصاره تفاله چغندر قند (۰/۰۸) و کمترین مربوط به فرآوری با عصاره جلبک دریایی و آمونیاک مایع (۰/۰۳) بود. کمترین ثابت نرخ هضم در واریته به رخ مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۰۵) و بیشترین آن مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند (۰/۱۰) بود.

جدول٤- ٤. تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو واریته به رخ بر فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای ماده خشک، پروتئین و نشاسته با استفاده از روش برون تنی کشت ثابت

فراسنجه	ترکیبات قلیایی				عصاره گیاهی			SEM[1]	سطح معنی داری	
	شاهد	آمونیاک	سود	آلوم	چغندرقند	یونجه	جلبک دریایی		فرآوری قلیایی مقابل عصاره گیاهی	کنترل در مقابل فرآوری‌ها
ماده خشک										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۳۹	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۲۰
بخش غیر قابل هضم	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۷۴	۰/۵۵
ثابت نرخ هضم	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۲۲	۰/۱۸
پروتئین خام										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۷۳	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۸۷
بخش غیر قابل هضم	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۳۹	۰/۵۶
ثابت نرخ هضم	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۴۴	۰/۳۴
نشاسته										
پتانسیل تجزیه‌پذیری	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۰۱	۰/۷۱	۰/۴۵
بخش غیر قابل هضم	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۹
ثابت نرخ هضم	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۶۸	۰/۳۹

۱) میانگین خطای استاندارد ، برای آنالیز داده‌های به دست آمده از روش کشت ثابت و از مدل $D_t = D_i.e^{-kt} + I$ استفاده گردید.در این مدل D_t، باقی‌مانده بخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ D_iبخش با پتانسیل هضم در هر زمان؛ t، زمان انکوباسیون بر حسب ساعت؛ k، ثابت نرخ هضم (در هر ساعت)؛ I، بخش غیر قابل هضم در هر زمان می باشد.

۳-۲-٤- نشاسته

ارقام متوسط فراسنجه های گوارش پذیری شکمبه ای نشاسته دانه جو تحت تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف در واریته های نصرت و به رخ در آزمایش کشت ثابت در جداول ۴-۳ و ۴-۴ آورده شده است. فرآوری دانه جو واریته نصرت با آمونیاک مایع و عصاره یونجه سبب افزایش پتانسیل تجزیه پذیری نشاسته و فرآوری با عصاره جلبک دریایی سبب کاهش آن نسبت به سایر فرآوری ها شده است. این در حالی است که فرآوری دانه جو واریته به رخ با آلوم باعث افزایش پتانسیل تجزیه پذیری نشاسته و فرآوری با آمونیاک مایع، هیدروکسید سدیم و عصاره تفاله چغندر قند باعث کاهش آن شده است. در این مطالعه بیشترین بخش غیر قابل هضم نشاسته در واریته نصرت مربوط به فرآوری با عصاره چغندر قند (۰/۲۵) و کمترین آن مربوط به به فرآوری با آمونیاک مایع بود.

مقایسه تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو بر بخش غیر قابل هضم نشاسته در برابر گروه کنترل در واریته به رخ معنی دار نبود، اما تمایل به معنی داری را نشان داد ($p=۰/۰۹$). ثابت نرخ هضم نشاسته دانه جو واریته نصرت در فرآوری با ترکیبات قلیایی نسبت به فرآوری با عصاره های گیاهی در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود و بیشترین مقدار مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۱۱ در ساعت) و کمترین آن مربوط به فراوری با عصاره تفاله چغندر قند مشاهده شد. در فرآوری دانه جو واریته به رخ با آمونیاک مایع، بیشترین ثابت نرخ هضم نشاسته (۰/۱۰ در ساعت) و در فرآوری ها با هیدروکسید سدیم، آلوم، عصاره های تفاله چغندر قند و جلبک دریایی کمترین مقدار آن (۰/۰۷ در ساعت) مشاهده شد.

این نتایج پیشنهاد می‌کنند که جو فرآوری شده با ترکیبات قلیایی یا عصاره‌های گیاهی می توانند محل هضم نشاسته را از شکمبه به روده تغییر دهد. تفسیر دقیق تغییر محل هضم با استفاده از فرآوری‌های ذکر شده پیچیده می‌باشد. با این وجود چندین احتمال قابل بحث می باشد. اول اینکه، با توجه به این فرآوری ها تغییر در نسبت بتا گلوکان های محلول و غیر محلول می تواند دلیلی برای کاهش هضم نشاسته در نظر گرفته شود، و البته این امکان نیز وجود دارد که افزایش در بتا گلوکان های محلول می تواند باعث افزایش چگالی گردد. دلیل دیگر می تواند مرتبط با میزان هضم پروتئین باشد، که میزان آن با فرآوری های مذکور تغییر یافته است. به‌طور خلاصه به نظر می‌رسد ثابت نرخ هضم دانه جو همبستگی مثبتی با میزان فرآوری شیمیایی دارد (قزلجه و همکاران،۲۰۱۲).

تفاوت های موجود درکینتیک هضم در بین تیمارها می‌تواند با ساختار متفاوت گرانول‌های نشاسته و ماتریکس پروتئینی دانه جو ارتباط داشته باشد (مک آلیستر و چنگ،۱۹۹۶). بنابراین پیشنهاد می شود که ماتریکس پروتئینی که اطراف گرانول های نشاسته دانه جو را فرا گرفته است، فاکتور مهمی برای تفاوت هایی در هضم نشاسته در دانه های غلات می باشد که می تواند توسط روش‌های فرآوری فوق برای شکستن ماتریکس پروتئینی در گرانول‌های نشاسته در دانه جو به کار رود (رینولدز و همکاران ۲۰۰۵). نتایج این آزمایش یافته های عبدی و همکاران (۲۰۱۲) را تایید کردند که فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی در میزان هضم نشاسته تاثیر گذار می باشد.

٤-۳- آزمایش کیسه های نایلونی متحرک

۱-۳-٤- ناپدید شدن شکمبه ای

مقادیر ناپدید شدن شکمبه ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته در آزمایش کیسه های نایلونی متحرک در جدول ۴-۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار ناپدید شدن شکمبه ای ماده خشک مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند (۰/۸۵) و کمترین آن مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم (۰/۸۲) بود. در این آزمایش اثرات متقابل فرآوری با ترکیبات قلیایی در برابر عصاره های گیاهی بر ناپدید شدن شکمبه ای پروتئین خام در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود و بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری با عصاره جلبک دریایی (۰/۸۹) و کمترین آن مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند (۰/۸۰) بود. شاید بتوان دلیل آن را به خاصیت پروتئازی عصاره جلبک دریایی نسبت داد که باعث تاثیر آن بر روی ماتریکس پروتئینی دانه جو و گوارش پذیری آن شده است (کاروال هو و همکاران،۲۰۰۹). تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو بر روی ناپدید شدن شکمبه ای پروتئین خام در مقایسه با گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود. بیشترین مقدار ناپدید شدن شکمبه ای نشاسته مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم (۰/۹۳) و کمترین آن مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۹۰) بود.

تخمین قابلیت هضم نشاسته در شکمبه کار پر زحمت و مشکلی بوده و نیازمند نمونه برداری از محتویات شکمبه از طریق فیستولا می‌باشد. مدل های دینامیکی تعریف کننده هضم و جذب سوبستراها نیز در حال تغییر می باشند و گرچه انتظار می رود افزایش دقت این روش ها کارگشا باشد، پیچیده تر شدن این مدل ها بر سختی کار می افزاید. همچنین استفاده از مارکرها برای تعیین قابلیت هضم نشاسته با مشکلات مشابهی رو به رو بوده و در نمونه‌هایی با میزان نشاسته و فیبر بالا تعیین قابلیت هضم مشکل و نیازمند نمونه برداری از مدفوع و تجزیه و تحلیل آن می‌باشد (زین و همکاران،۲۰۰۷).

٤-٣-٢- ناپدید شدن پس از شکمبه ای

مقادیر ناپدید شدن پس از شکمبه ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته در آزمایش کیسه های متحرک نایلونی در جدول ۴-۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار ناپدید شدن پس از شکمبه ای ماده خشک مربوط به فرآوری با آمونیاک مایع و کمترین آن مربوط به فرآوری دانه جو با عصاره جلبک دریایی بود. در این آزمایش تاثیر تمام فرآوری های دانه جو بر روی ناپدید شدن پس از شکمبه ای پروتئین خام نسبت به گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود، به طوری که بیشترین مقدارآن مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۷۶) وکمترین مقدار مربوط به فرآوری با عصاره یونجه (۰/۵۳) بود. فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی در مقایسه با عصاره های گیاهی بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته، در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود و بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۷۵) و عصاره جلبک دریایی (۰/۴۱) بود. در ضمن در این آزمایش تاثیر تمام فرآوری های شیمیایی دانه جو بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته نسبت به گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود.

نتایج پژوهش های اخیر نشان می دهد که گاوهای شیری دارای توانایی بالایی در هضم نشاسته پس از شکمبه هستند. از آنجا که در فرآیند هضم پس از شکمبه اتلاف انرژی (از طریق تولید متان و حرارت حاصل از تخمیر شکمبه که۱۵ تا ۲۰ درصد انرژی خام می باشد) کمتر است، لذا به نظر می رسد اگر بخشی از هضم نشاسته پس از شکمبه صورت گیرد، راندمان انرژی زایی دانه افزایش خواهد یافت (متی و همکاران،۲۰۰۱، زین و همکاران،۲۰۰۷).

٤-٣-٣- ناپدید شدن در کل دستگاه گوارش

مقادیر ناپدید شدن ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته درکل دستگاه گوارش درآزمایش کیسه های نایلونی متحرک در جدول ۴-۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار ناپدید شدن ماده خشک در کل دستگاه گوارش مربوط به فرآوری دانه جو با آمونیاک مایع و عصاره تفاله چغندر قند (۰/۸۹) و کمترین مقدار آن مربوط به فرآوری با آلوم، هیدروکسید سدیم، عصاره های ها یونجه و جلبک دریایی (۰/۸۸) بود.

تاثیر تمام فرآوری های شیمیایی دانه جو بر ناپدید شدن پروتئین خام در کل دستگاه گوارش نسبت به گروه کنترل در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری دانه جو با عصاره

تفاله چغندر قند و کمترین آن مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم بود. در این آزمایش، تاثیر فرآوری با ترکیبات قلیایی در مقایسه با فرآوری با عصاره های گیاهی بر روی این پارامتر معنی دار نبود.

در مورد میزان ناپدید شدن نشاسته در کل دستگاه گوارش، اثر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو در این آزمایش نسبت به گروه کنترل بر روی این پارامتر در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود، به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری دانه جو با آلوم و کمترین مقدار آن مربوط به فرآوری با عصاره های یونجه و جلبک دریایی بود. از سویی دیگر فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی نسبت به عصاره های گیاهی بر میزان ناپدید شدن نشاسته در کل دستگاه گوارش معنی دار نبود.

فرآوری شیمیایی همچون استفاده از قلیاهایی مانند هیدروکسید سدیم،آمونیاک و یا استفاده از فرمالدئید و اسید پروپیونیک باعث کاهش تجزیه پذیری نشاسته در شکمبه و عبور آن به قسمتهای پائین دستگاه گوارش می شود (دی متروا و همکاران،۲۰۰۰). ظرفیت هضم نشاسته و جذب گلوکز در روده کوچک محدود است و اگر مقدار نشاسته عبوری بالا باشد، بخشی از آن در انتهای دستگاه گوارش تخمیر خواهد شد (کمپلینگ،۱۹۹۱، زین و همکاران ،۲۰۰۷).

متی و همکاران(۲۰۰۱) با تزریق نشاسته به داخل دئودنوم و نیز استفاده از نشاسته گندم وذرت در جیره گاوهای نر و گاوهای شیری خشک، نشان دادند که با افزایش مقادیر نشاسته به داخل روده کوچک، قابلیت هضم نشاسته کاهش خواهد یافت و این کاهش در نشاسته ذرت نسبت به نشاسته گندم کمتر می باشد. علاوه براین پیشنهاد نمودندکه بهترین مقدار توصیه شده نشاسته عبوری برای هر راس گاو در روز ۱/۳ تا ۱/۸ کیلوگرم می باشد.

جدول ٤-٥. مقادیر ناپدید شدن ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته دانه جو فرآوری نشده و شده با ترکیبات

قلیایی یا عصاره گیاهی با استفاده از روش کیسه های نایلونی متحرک

فراسنجه	شاهد	ترکیبات قلیایی			عصاره گیاهی			SEM[1]	سطح معنی داری	
		آلوم	سود	آمونیاک	یونجه	تفاله چغندرقند	جلبک دریایی		فرآوری قلیایی مقابل عصاره گیاهی	کنترل در مقابل فرآوری‌ها
شکمبه ای										
ماده خشک	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۳۵
پروتئین خام	۰/۸۳^{bc}	۰/۸۱^{c}	۰/۸۴^{c}	۰/۸۷^{ab}	۰/۸۷^{a}	۰/۸۰^{bc}	۰/۸۹^{a}	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵
نشاسته	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۲۲
پس از شکمبه ای										
ماده خشک	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۰
پروتئین خام	۰/۳۸^{e}	۰/۷۶^{a}	۰/۵۵^{cd}	۰/۶۴^{bc}	۰/۵۳^{d}	۰/۶۸^{ab}	۰/۶۳^{bc}	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۰۵
نشاسته	۰/۴۸^{c}	۰/۷۵^{a}	۰/۶۴^{c}	۰/۶۴^{b}	۰/۴۹^{c}	۰/۷۲^{a}	۰/۴۱^{c}	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵
کل دستگاه گوارش										
ماده خشک	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۹
پروتئین خام	۰/۸۹^{c}	۰/۹۶^{a}	۰/۹۲^{bc}	۰/۹۵a^{b}	۰/۹۳^{bc}	۰/۹۷^{a}	۰/۹۶^{a}	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۰۵
نشاسته	۰/۹۳^{b}	۰/۹۹^{a}	۰/۹۶^{ab}	۰/۹۵^{ab}	۰/۹۴^{b}	۰/۹۷^{a}	۰/۹۴^{b}	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۱

۱) میانگین خطای استاندارد ؛ حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری $p<۰/۰۵$ می باشد.

طبق گزارش دهقان بنادکی و همکاران (۲۰۰۷) آمونیاک نرخ تجزیه نشاسته دانه جو در شکمبه را کاهش می‌دهد، که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. از طرفی دیگر ارسکوف و همکاران (۱۹۷۷)، کاهش هضم‌پذیری نشاسته و ماده خشک در لوله گوارشی را در رابطه با دانه جو فرآوری شده با هیدروکسیدسدیم و همچنین کاهش عملکرد رشد را گزارش کردند. رابینسون و کِنِلی (۱۹۸۸) بیان کردند که نرخ تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو فرآوری شده با آمونیاک در شرایط درون کیسه‌ای کاهش یافت. نرخ هضم ماده خشک دانه‌ی جو آمونیاکی در شکمبه توسط ماتیسون و همکاران (۱۹۹۱) نیز گزارش شد، که نتایج این گزارش‌ها با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. رابینسون و کِنِلی (۱۹۸۸) اظهار کردند که فرآوری دانه جو با آمونیاک تاثیری بر تجزیه‌پذیری نشاسته در لوله گوارشی ندارد. توانایی تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه عامل مهمی است که برای پیش بینی مقدار پروتئین غیرقابل تجزیه که وارد روده باریک می‌شود و همچنین برای تعیین احتیاجات پروتئینی نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد (رآب و همکاران، ۱۹۸۳). مشکلاتی که در روش اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری پروتئین از طریق آزاد شدن آمونیاک وجود دارد به این دلیل است که فرآیندهای تجزیه پروتئین و تولید پروتئین میکروبی همزمان اتفاق می‌افتد (رآب و همکاران، ۱۹۸۳).

٤-٤- آزمایش درون تنی

١-٤-٤- مصرف خوراک، تولید و ترکیبات شیر و تغییرات وزن بدن

اثرات تیمارهای مختلف بر روی خوراک مصرفی، تولید و ترکیبات شیر و نیز تغییرات وزن بدن در جدول ۴-۶ ارائه شده است. متوسط خوراک مصرفی گاوهایی که جیره های LRSE، LRAL، HRSE وHRAL را دریافت کرده بودند، به ترتیب۳۱/۰۵،۳۷/۳۹،۳۷/۳۹و۳۸/۸۰ کیلوگرم در روز بود و تفاوت آماری معنی داری (p<۰/۰۱) در اثر فرآوری دانه جو و سطوح مختلف RUP در میزان خوراک مصرفی گاوهای شیرده مشاهده گردید. درصد چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر در بین گروه ها مشابه بود (جدول ۴-۶) در حالی که تولید روزانه (کیلوگرم) آنها بطور معنی داری (p<۰/۰۵) در بین تیمارها و نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. میزان اوره شیر در جیره های LRUP در مقایسه با جیره های HRUP پائین تر بود (p<۰/۰۵). شمارش سلول های بدنی در جیره های LRUP بالاتر بود، اما فرآوری دانه جو با آلوم یا عصاره تفاله چغندر قند، هیچ تاثیری بر روی این پارامتر نداشت. تفاوت معنی داری در میزان مصرف خوراک گاوهایی که جیره های LRSE، LRAL، HRSE و HRAL را دریافت کرده بودند، مشاهده شد (جدول ۴-۶).

کلیه اقلام خوراکی مورد استفاده برای بررسی تمامی جیره ها از یک منبع دانه جو و فرآوری با آلوم و عصاره تفاله چغندر قند بر عملکرد گاوهای نژاد هلشتاین بود و تنها تفاوت بین جیره ها نوع متفاوت فرآوری دانه جو و سطوح مختلف RUP بود (جدول ۴-۶). در آزمایش حاضر، کنجاله سویا، کنجاله کلزا و مکمل پروتئینی یاسمینو مکس سوی به عنوان منبع پروتئینی جیره استفاده شد. متوسط تولید شیر (کیلوگرم در روز)، درصد چربی، پروتئین و لاکتوز شیر به ترتیب ۳۰/۶، ۳/۵۸، ۲/۹۶ و۴/۶۱ بود و هیچ تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده نگردید (جدول ۴-۶). در این مطالعه، تولید شیر تحت تاثیر سطوح مختلف RUP جیره و نوع فرآوری قرار نگرفت و هیچ گونه همبستگی بین سطوح مختلف RUP و تولید شیر مشاهده نشد.

طبق نتایج تحقیق حاضر، خوراک مصرفی گاوهای اواسط شیردهی تغذیه شده با جو فرآوری شده با آلوم و عصاره تفاله چغندرقند تحت تأثیر نوع فرآوری قرار گرفت (p<۰/۰۵). در توافق با نتایج تحقیق حاضر، در تحقیق دیگری خیساندن دانه جو غلطک زده خشک در آب حاوی ۰/۵ درصد اسیدلاکتیک به مدت ۴۸ ساعت اثر معنی داری بر خوراک مصرفی گاوهای اواخردوره شیردهی داشت (ایکبال و همکاران،۲۰۱۲). همچنین،

خیساندن دانـه جـو بـا یک درصد اسیدلاکتیک همزمان بـه حـرارت دادن آن در ۵۵ درجه سانتی گراد اثر معنی داری روی خوراک مصرفی در گاوهای اواسط شیردهی نداشت (ایکبال و همکاران،۲۰۰۹).

جدول ٤-٦. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری شده و نشده) بر میزان خوراک مصرفی و تولید و ترکیبات شیر و تغییرات وزن بدن در گاوهای شیرده

فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	سطح معنی داری		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		یاس بالا در مقابل یاس پایین	کل فرآوری در مقایسه با کنترل	آلوم در مقابل تفاله
خوراک مصرفی (کیلوگرم در روز)	۳۵/۳۵^{b}	۳۸/۸۰^{a}	۳۹/۳۹^{a}	۳۶/۴۰^{ab}	۳۷/۰۵^{ab}	۳۷/۳۱^{ab}	۱/۶۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۱	۰/۹۴
تولید شیر(کیلوگرم در روز)	۲۷/۵۷	۳۰/۴۴	۲۹/۶۴	۲۹/۳۶	۲۹/۶۷	۳۰/۷۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۹۸
چربی(درصد)	۳/۴۷	۳/۷۱	۳/۶۳	۳/۴۰	۳/۷۵	۳/۵۷	۰/۱۲	۰/۷۲	۰/۰۸	۰/۹۶
پروتئین(درصد)	۲/۸۵	۳/۱۹	۲/۹۷	۲/۸۴	۲/۹۹	۲/۹۳	۰/۰۶	۰/۶۰	۰/۱۷	۰/۷۹
لاکتوز(درصد)	۴/۴۹	۴/۷۵	۴/۵۵	۴/۴۷	۴/۷۷	۴/۶۸	۰/۰۳	۰/۵۲	۰/۱۴	۰/۰۸
مواد جامد بدون چربی(درصد)	۸/۹۶	۹/۴۵	۹/۵۴	۸/۹۷	۹/۳۳	۹/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۴۵
کل مواد جامد(درصد)	۱۲/۳۱	۱۲/۷۹	۱۲/۸۹	۱۲/۱۱	۱۲/۸۷	۱۲/۵۲	۰/۰۱	۰/۶۴	۰/۱۱	۰/۳۶
چربی(کیلوگرم در روز)	۰/۹۹^{a}	۱/۱۶^{a}	۱/۱۱^{a}	۱/۱۰^{c}	۱/۱۵^{a}	۱/۰۶^{a}	۰/۰۵	۰/۷۹	<۰/۰۰۱	۰/۱۵
پروتئین (کیلوگرم در روز)	۰/۸۱^{b}	۰/۹۷^{a}	۰/۹۳^{a}	۰/۸۳^{b}	۰/۹۲^{a}	۰/۸۷^{ab}	۰/۰۳	۰/۲۲	<۰/۰۵	۰/۴۳
لاکتوز (کیلوگرم در روز)	۱/۲۸^{b}	۱/۴۹^{a}	۱/۴۰^{a}	۱/۳۱^{ab}	۱/۴۶^{a}	۱/۴۰^{a}	۰/۰۴	۰/۰۷	<۰/۰۵	۰/۱۱
مواد جامد بدون چربی(کیلوگرم در روز)	۲/۵۶^{b}	۲/۹۷^{a}	۲/۹۲^{a}	۲/۶۳^{b}	۲/۸۶^{a}	۲/۷۲^{ab}	۰/۰۹	۰/۴۵	<۰/۰۵	۰/۸۵
کل مواد جامد(کیلوگرم در روز)	۳/۵۱^{c}	۴/۰۲^{a}	۳/۹۵^{a}	۳/۵۵^{c}	۳/۹۵^{a}	۳/۷۱^{b}	۰/۰۶	۰/۳۴	<۰/۰۵	۰/۱۱
شمارش سلول سماتیک($۱۰^{۳}$ در میلی لیتر)	۲۱۲/۵	۲۳۶/۸	۲۴۰/۷	۲۳۱/۰	۲۶۷/۲	۲۵۰/۸	۵۸/۵۰	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۴۵
نیتروژن اوره ای (میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)	۱۵/۳۵^{a}	۱۶/۵۸^{a}	۱۷/۰۸^{a}	۱۴/۱۵^{b}	۱۶/۰۳^{a}	۱۶/۳۵^{a}	۰/۸۵	۰/۴۶	<۰/۰۵	۰/۲۷
تغییرات وزن بدن (کیلوگرم در روز)	۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۲۶	۰/۴۵	۰/۱۲	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۴۰

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، ۲) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، CP = 17.5٪ و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یاHRSE، ۴) RUPبالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، CP = 17.8٪؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره هایLRUP و HRUP. حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری p<۰/۰۵ می باشد.

تفاوت معنی داری در تولید شیر روزانه در تیمار ها با RUP بالا و پائین وجود نداشت. درصد چربـی، کل مواد جامد، لاکتوز، پروتئین، شمارش سلول های بدنی شیر تحـت تأثیر نوع فرآوری قرار نگرفت، درحالی که تولید روزانه پروتئین، چربی، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر در تمام تیمار ها در مقایسـه با گروه کنترل به طـور معنی داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر بـود.

در آزمایش حاضر، دامنه RUP جیره بین ۲/۵ تا ۵ درصد ماده خشک بود. به نظر می رسد که افزایش پروتئین خام غیر قابل تجزیه در جیره هایی با دانه غلات بالا، درصد مصرف خوراک را به منظور تولید انرژی ۶ تا ۷ درصد بهبود می بخشند. این نتایج با آزمایش ناسک و راسل (۱۹۸۸) مطابقت دارد. در آن آزمایش از نشاسته هضم شده در پس از شکمبه با بازدهی بالا برای سنتز شیر نسبت به نشاسته ای که در شکمبه هضم شده بود، استفاده شد. البته هیچ مدرکی واضحی برای توضیح اثرات مفید هضم پس از شکمبه ای نشاسته در بهبود تولید شیر که سبب بهبود در ترکیبات شیر و نیز افزایش بازدهی استفاده از خوراک مصرفی برای تولید می شود، وجود ندارد.

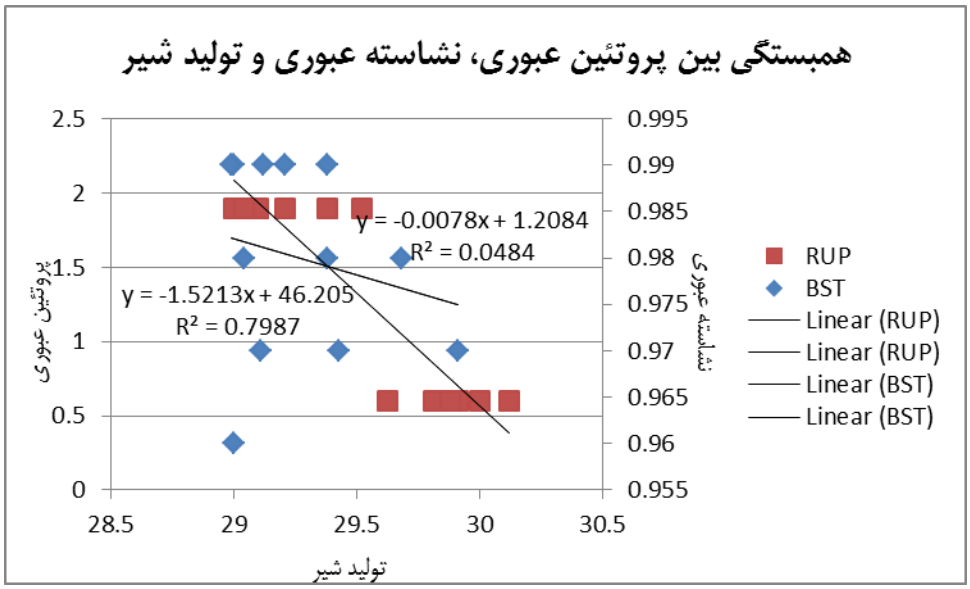
میانگین تغییرات وزن بدن در جدول ۴-۶ نشان داده شده است. متوسط وزن بدن در بین تیمارهای مختلف تغییری نداشت. در طی دوره آزمایش، تغییرات وزن بدن هم در اثر نوع فرآوری و هم در اثر سطوح مختلف RUP افزایش یافت ولی با این وجود، هیچ تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده نگردید. وزن بدن در انتهای دوره آزمایش نسبت به ابتدای دوره و نیز گروه کنترل بیشتر بود، درحالی که در گاوهایی که جیره های LRUP را مصرف کرده بودند، این رقم پائین تر بود. تفاوت در تغییرات وزن بدن در شروع و انتهای آزمایش برای جیره های HRAL، HRSE، LRAL و LRSE به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۱۵، ۰/۲۶ و ۰/۴۵ واحد (کیلوگرم) بود.

به گزارش دهقان بنادکی و همکاران (۲۰۰۸) فرآوری دانه جو نرخ و میزان تجزیه نشاسته را در شکمبه افزایش می دهد. فرآوری شیمیایی باعث افزایش هضم شکمبه ای دانه جو و در نتیجه افزایش تولید شیر حیوان می شود (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰۷). زین (۲۰۰۷) گزارش کرد، اگرچه نرخ هضم نشاسته با افزایش شدت فرآوری افزایش می یابد، اما میزان هضم نشاسته تغییری نمی کند.

فرآوری دانه جو با آلوم و عصاره تفاله چغندر قند باعث افزایش مقدار نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای می شود. بخش عمده نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای درروده باریک تجزیه شده و گلوکز از طریق دیواره روده وارد جریان خون و از آنجا به کبد منتقل می شود. انرژی دستگاه گوارش از طریق مصرف گلوکز و اسیدهای آمینه در مسیر گلوکونئوژنز تأمین می شود. بنابراین افزایش جذب گلوکز از روده در تیمار جو فرآوری شده با آلوم به همراه مکمل پروتئینی، استفاده از اسیدهای آمینه توسط بافت احشایی و کبد درفرآیند گلوکونئوژنز را کمتر می کند (ایکبال و همکاران، ۲۰۱۲). در نتیجه اسیدهای آمینه بیشتری وارد پستان شده و برای سنتزترکیبات شیر مورد استفاده قرار می گیرند. تولید روزانه ترکیبات شیر در تمام تیمارها از نظر عددی نسبت به گروه کنترل بیشتر بود. در این مطالعه، درصد چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر تحت تأثیر فرآوری دانه جو به همراه مکمل پروتئینی قرار نگرفتند. یکی از دلایل احتمالی عدم افزایش درصد ترکیبات شیر در این مطالعه، مرحله شیردهی گاوها در این مطالعه میباشد (اواسط شیردهی).

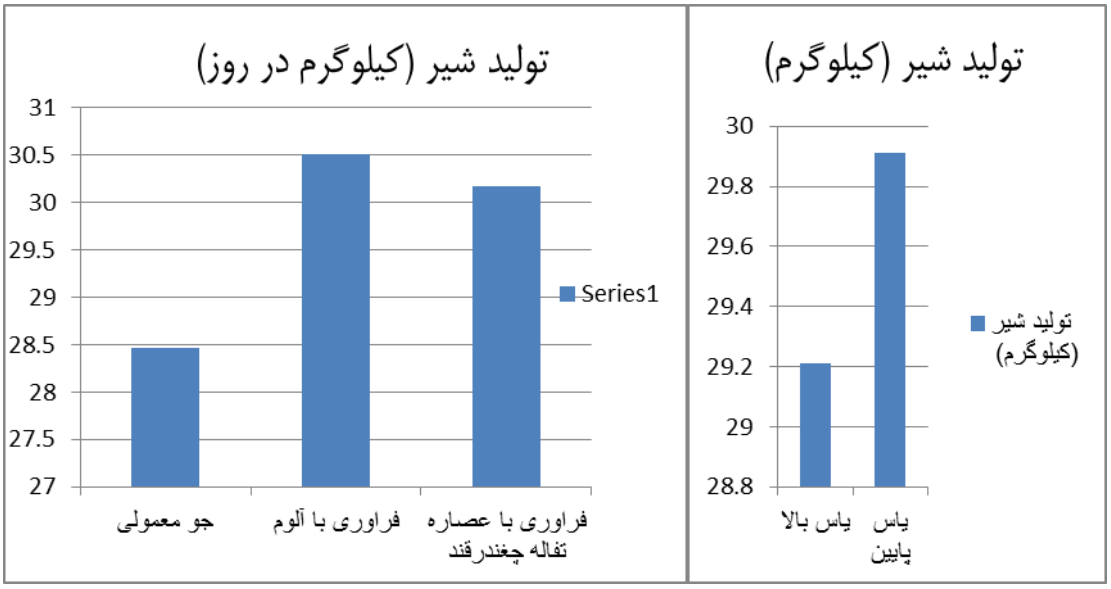
در مطالعه ای تزریق نشاسته به روده باریک گاوهای اوایل شیردهی ازطریق کانولای روده ای باعث کاهش چربی شیر شد، که این نتیجه با مقدار تزریق کمتر نشاسته بسیار مشهودتر بود. درحالیکه تزریق نشاسته به روده باریک گاوهای اواخر شیردهی باعث افزایش چربی شیر گردید (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۵).

تولید شیر در تیمار دانه جو فرآوری شده با آلوم نسبت به تیمار جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند تمایل به افزایش داشت. تولید روزانه ترکیبات شیر در تیمار جو فرآوری شده با آلوم به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. باتوجه به بهبود اسیدیته شکمبه گاوهای اواسط شیردهی، فرآوری دانه جو با آلوم به همراه مکمل پروتئینی می تواند به عنوان یک روش فرآوری مفید در تغذیه گاو شیری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین فرآوری دانه جو با آلوم ممکن است باعث کاهش دسترسی آنزیم آمیلاز باکتری های شکمبه به گرانول های نشاسته می شود.



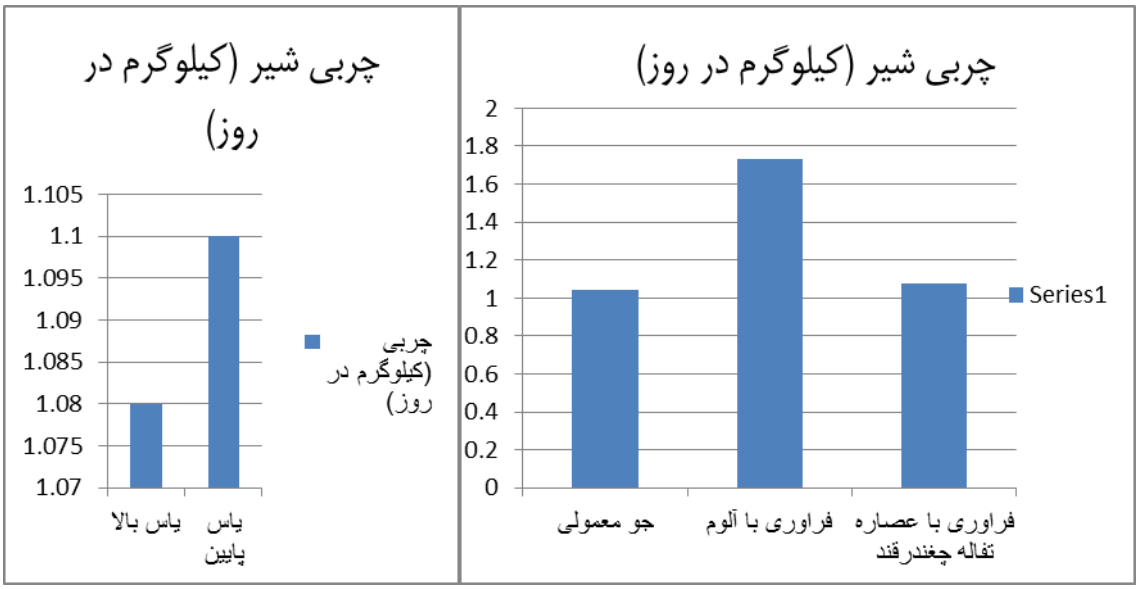
نمودار ۴-۱- همبستگی بین پروتئین عبوری، نشاسته عبوری و تولید شیر روزانه

همان طور که در نمودار ۴-۱ مشاهده می شود، با کاهش میزان نشاسته عبوری، تولید شیر روند افزایشی را طی می کند. از طرف دیگر با کاهش میزان پروتئین عبوری روند افزایش تولید شیر، شیب تندتری پیدا می کند که با توجه به همبستگی منفی در معادله فوق می توان آن را توجیه کرد.



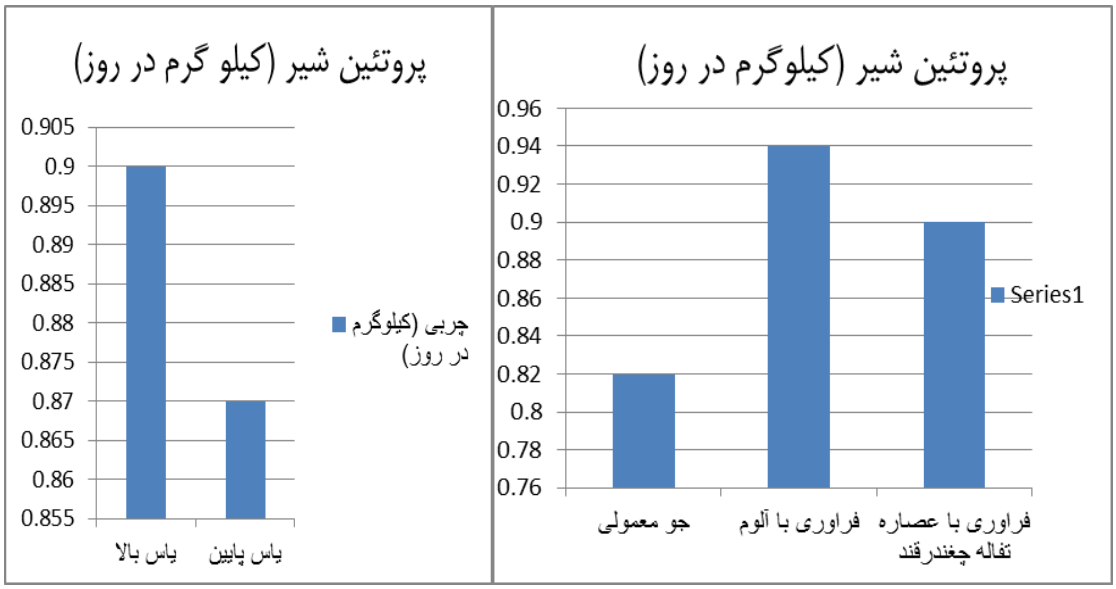
نمودار ۴-۲- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید شیر روزانه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۲ علیرغم افزایش تولید شیر در تیمار فراوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری هیچ تاثیری بر این پارامتر نداشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر معکوس بر تولید شیر داشته که البته این تاثیر معنی دار نبوده است.



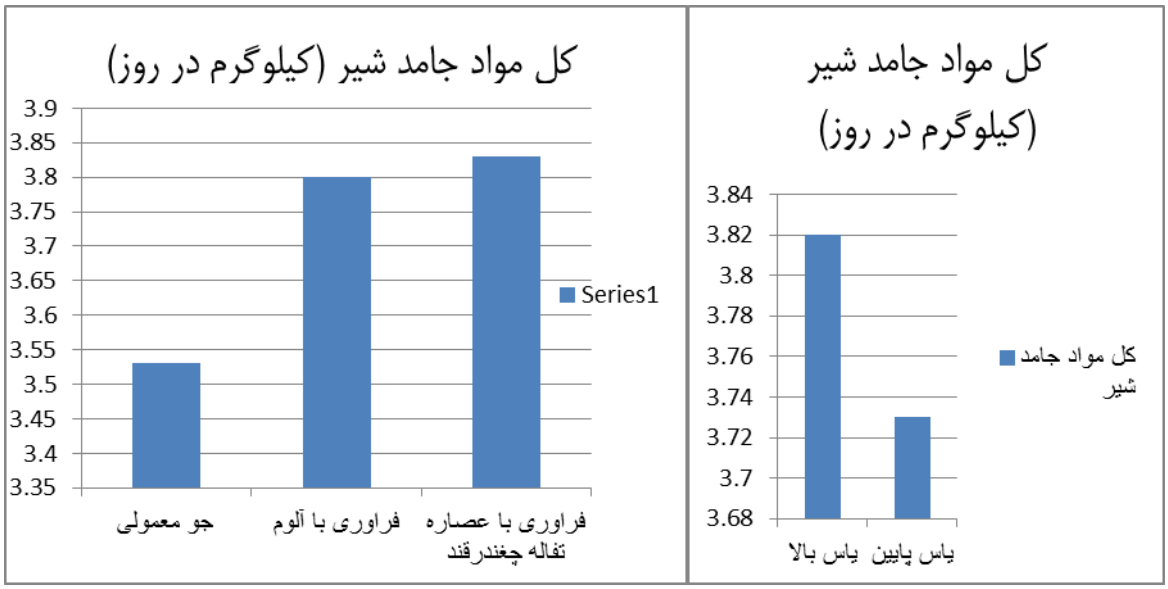
نمودار ۴-۳- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید چربی شیر روزانه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۳ با افزایش تولید چربی روزانه شیر در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر معکوس بر تولید چربی شیر داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.



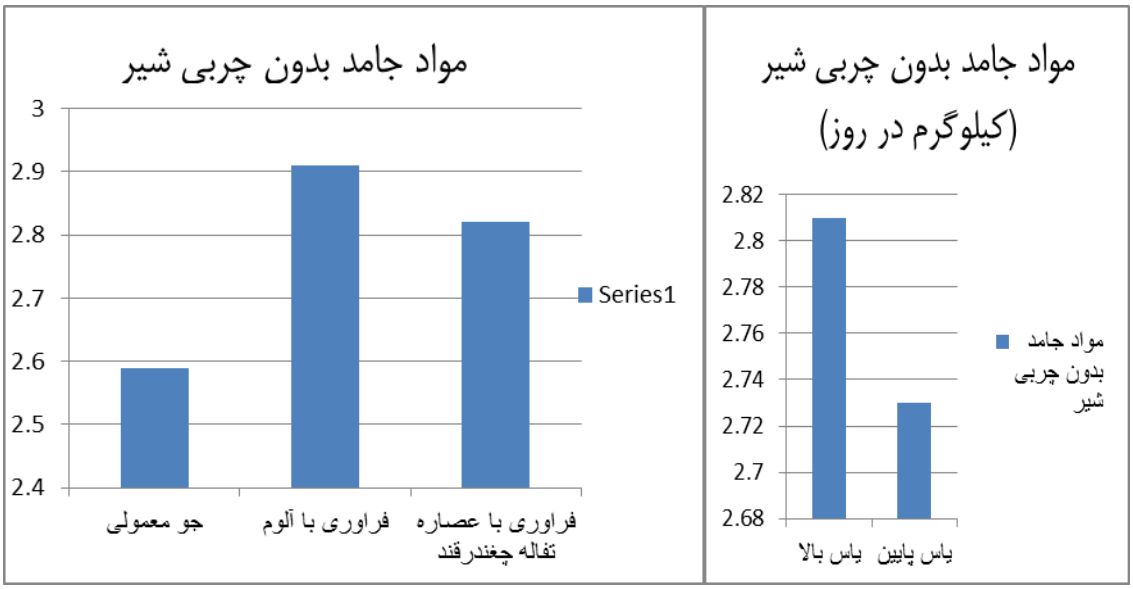
نمودار ۴-۴- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید پروتئین شیر روزانه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۴ با افزایش تولید پروتئین روزانه شیر در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر این پارامتر داشته است. البته سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر تولید پروتئین شیر داشته و این تاثیر معنی دار بوده است.



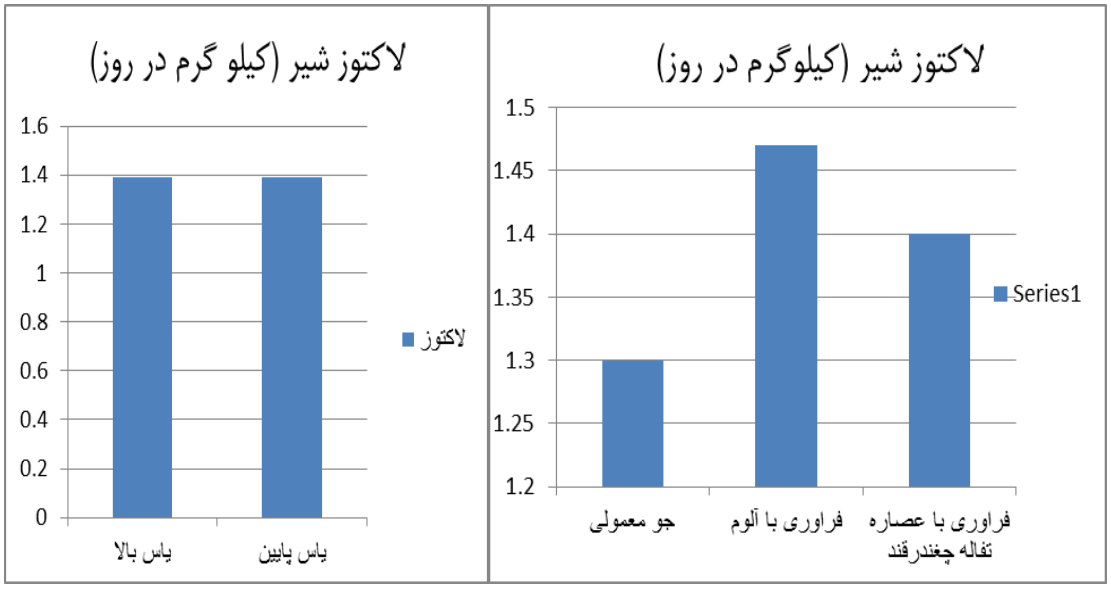
نمودار ۴-۵- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید کل مواد جامد شیر گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۵ با افزایش تولید کل مواد جامد شیر در تیمار فرآوری شده با تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر روی این پارامتر داشته است. از سویی دیگر، سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر تولید آن داشته و این تاثیر معنی دار بوده است.



نمودار ۴-۶- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید مواد جامد بدون چربی شیر گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۶ با افزایش تولید مواد جامد بدون چربی شیر در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش نیز تاثیر مستقیم بر تولید آن داشته، که این تاثیر معنی دار بوده است.

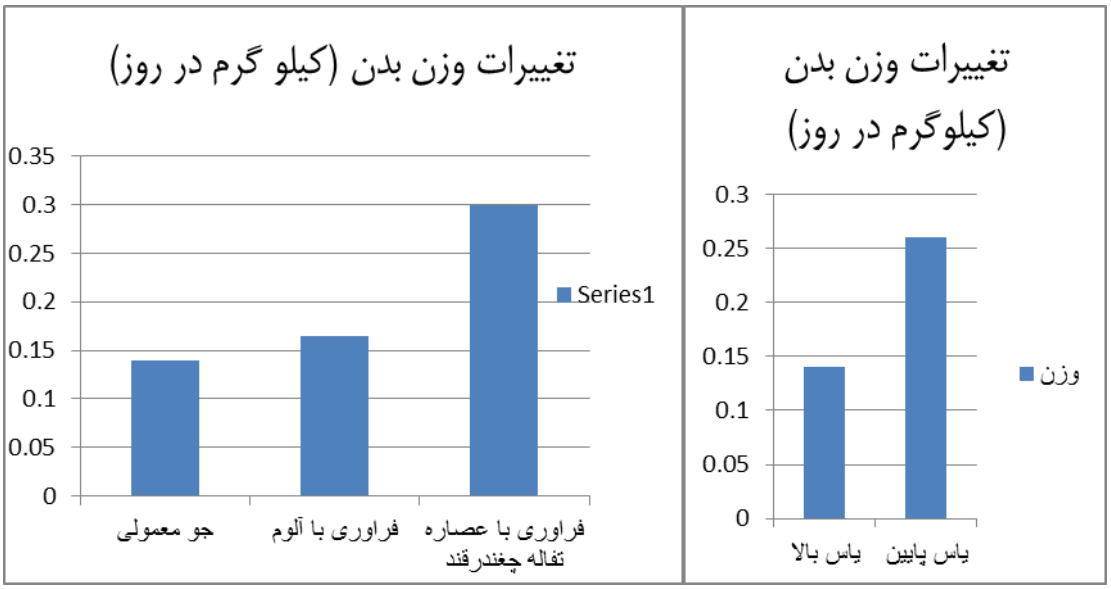


نمودار ۴-۷- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید لاکتوز شیر گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۷ با افزایش تولید لاکتوز شیر در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیری بر تولید لاکتوز شیر نداشته است.

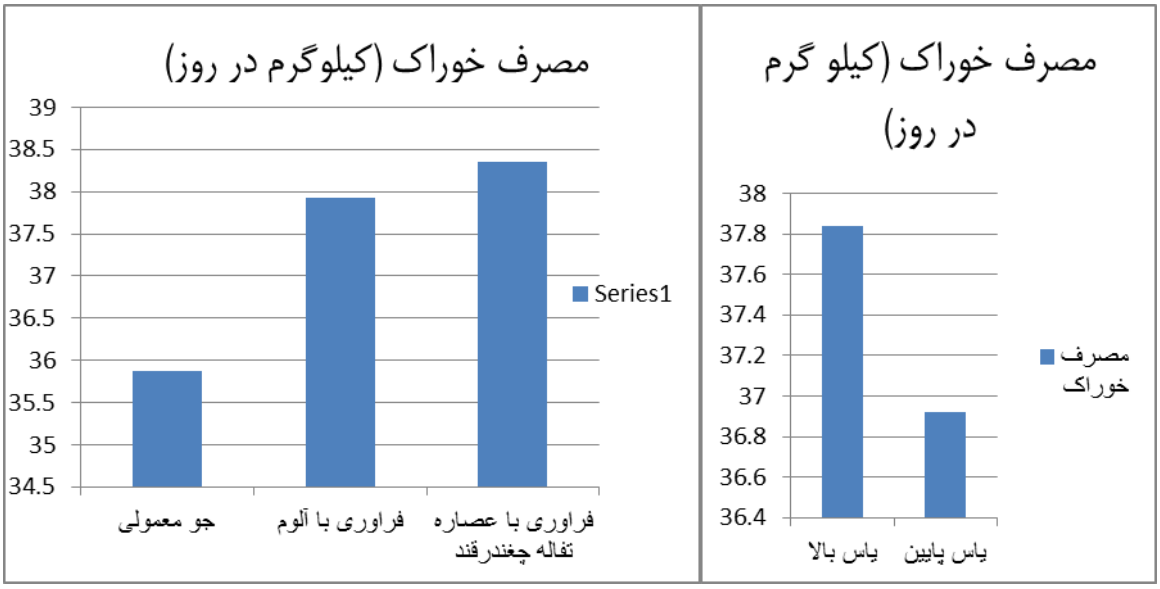
نمودار ۴-۸- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تولید نیتروژن اوره ای شیر گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۸ با افزایش میزان نیتروزن اوره ای شیر در تیمار فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیمی بر میزان تولید نیتروژن اوره ای شیر داشته است.



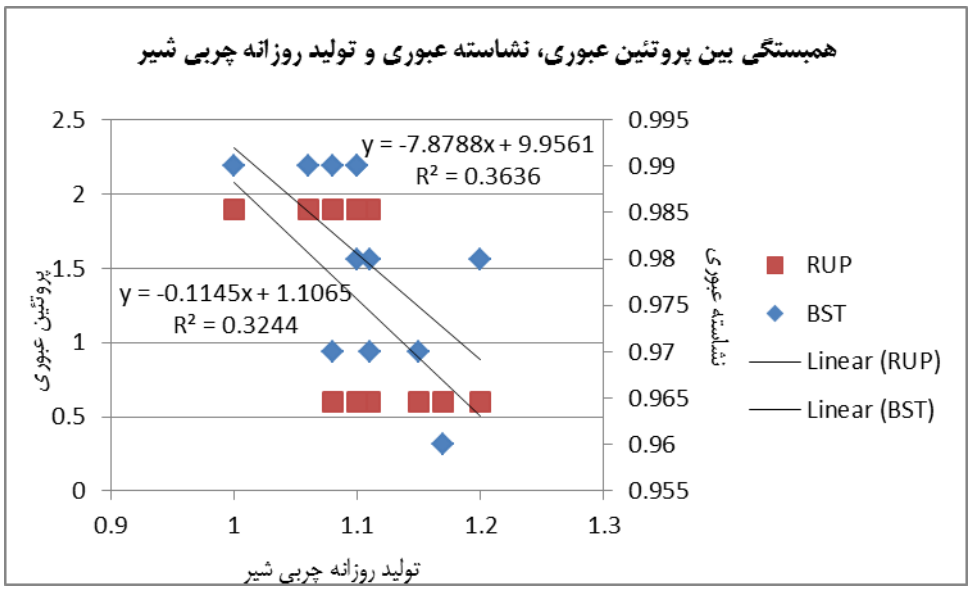
نمودار ۴-۹- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر تغییرات وزن بدن گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۹ تغییرات وزن بدن در تیمار فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر مشهود تر است، اما نوع فرآوری تاثیر معنی داری بر روی این پارامتر نداشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیری معکوس برتغییرات وزن بدن گاوهای شیرده داشته که معنی دار نبوده است.



نمودار ۴-۱۰- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر خوراک مصرفی روزانه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۰ با افزایش خوراک مصرفی در تیمار فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر روی این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر خوراک مصرفی داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.

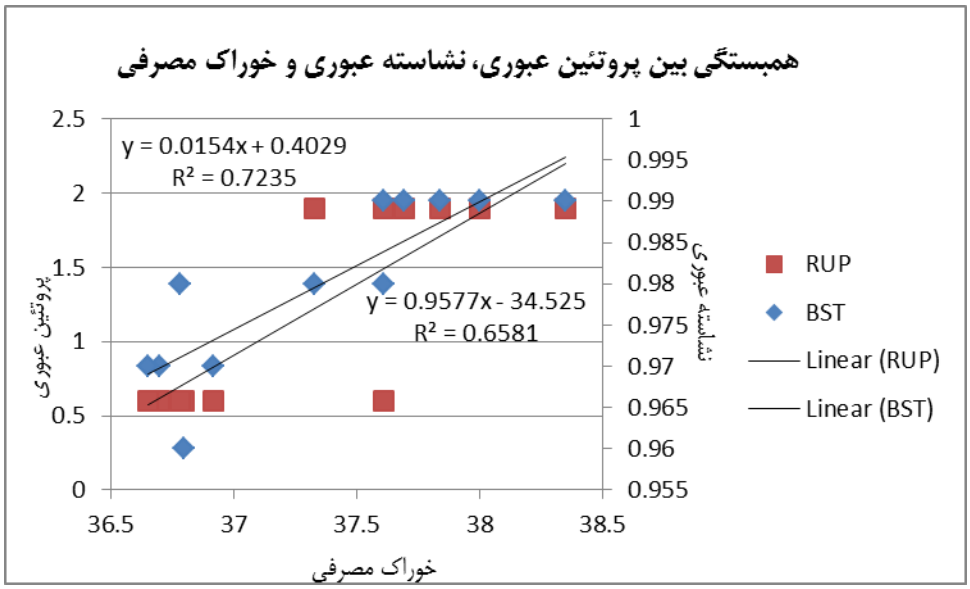


نمودار ۴-۱۱- همبستگی بین پروتئین عبوری، نشاسته عبوری و تولید روزانه چربی شیر

همان طور که در نمودار ۴-۱۱ مشاهده می شود با کاهش میزان نشاسته عبوری، تولید روزانه چربی شیر روند صعودی را طی می کند. همچنین با کاهش میزان پروتئین عبوری روند این افزایش، شیب تندتری پیدا می کند که با توجه به مرحله شیرواری (اواسط شیردهی) و همبستگی منفی با تولید شیر، توجیه می شود.

نمودار ۴-۱۲- همبستگی بین پروتئین عبوری، نشاسته عبوری و تولید روزانه کل مواد جامد شیر

همان طور که در نمودار ۴-۱۲ مشاهده می شود، با افزایش میزان نشاسته عبوری، تولید روزانه کل مواد جامد شیر روند صعودی را طی می کند و با افزایش میزان پروتئین عبوری، روند این افزایش، شیب تندتری پیدا می کند، که با توجه به مرحله شیرواری (اواسط شیردهی) و افزایش تولید سایر ترکیبات شیر، طبیعی می باشد.



نمودار ۴-۱۳- همبستگی بین پروتئین عبوری، نشاسته عبوری و خوراک مصرفی

همان طور که در نمودار ۴-۱۳ مشاهده می شود با افزایش میزان نشاسته عبوری، خوراک مصرفی گاوها روند صعودی را طی می کند. از طرف دیگر با افزایش میزان پروتئین عبوری، این روند شیب تندتری پیدا می کند که ممکن است مربوط به خوشخوراکی جیره باشد.

۲-٤-٤- پارامترهای تخمیر شکمبه

متوسط غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمارهای آزمایشی ۲۵ میلی گرم در دسی لیتر بود و تفاوت معنی داری دربین تیمارها ($p<۰/۰۵$) مشاهده گردید (جدول ۴-۷). متوسط غلظت های اسیدهای چرب فرار استات و بوتیرات (مول بر۱۰۰ مول) برای گاوهای شیری که جیره های HRAL، LRAL،HRSE وLRSE دریافت کرده بودند به ترتیب۳۵/۳۵،۳۱/۳۵،۴۳/۹۰ و۳۵/۵۵ بود و هیچ گونه تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نگردید. غلظت های پروپیونات مایع شکمبه (مول در۱۰۰مول) برای گاوهایی که جیره هایHRAL، LRAL،HRSE و LRSE دریافت کرده بودند به ترتیب ۲۶/۲۷،۱۶/۲۳، ۲۶/۷۶ و ۲۶/۲۱ بود و تفاوت معنی داری ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها مشاهده گردید. در مجموع غلظت های اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه به غیر از پروپیونات تحت تاثیر سطوح مختلفRUP و نوع فرآوری قرار نگرفتند. بر این اساس می توان این طور بیان نمود که قابلیت هضم نشاسته ممکن است دلیلی بر افزایش میزان پروتئین خام غیر قابل تجزیه باشد که از شکمبه عبور کرده است. بسیاری از مقالات چاپ شده فقدان کافی فعالیت آمیلاز پانکراسی را به عنوان دلیل اصلی برای محدودیت هضم نشاسته در روده باریک نشخوارکنندگان بیان می کنند (هانتینگتون،۱۹۹۷). در این مطالعه، pH شکمبه شش

ساعت پس ازخوراکدهی تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول ۴-۷). از دلایل افزایش pH شکمبه درتیمار با RUP بالا می توان به افزایش مقدار نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای دانه جو فرآوری شده با آلوم و عصاره تفاله چغندر قند اشاره کرد. نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای بخشی از نشاسته می باشد که به آرامی در شکمبه تجزیه شده و بخش عمده آن وارد روده باریک می شود که در آنجا هضم و جذب می گردد. احتمالا آلوم می تواند از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی در گرانول های نشاسته، کمک به باز شدن پیوندهای شاخه دار در ساختار آمیلوپکتین و کمک به تشکیل پیوند بین کربوهیدرات و پروتئین (واکنش میلارد) باعث افزایش نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای شوند.

هیچ گونه تفاوت معنی داری در سطوح pH مایع شکمبه در تیمارهای مختلف این آزمایش مشاهده نشد (جدول۴-۷). مکانیسمی که بوسیله فرآوری شیمیایی دانه جو باعث بالا نگه داشتن pH شکمبه در گروه های آزمایشی شده است، در حال حاضر آشکار نیست ولی این دلیل متصورمی باشد که تغییرات ساختاری نشاسته ممکن است یکی از این دلایل باشد. در حمایت از این فرض اصلی، نتایجی حاصل از آنالیز شیمیایی نشاسته وجود دارد که نشان می دهد فرآوری شیمیایی میزان نشاسته محلول را در دانه جو را تا ۸ درصد کاهش و نشاسته مقاوم به هضم شکمبه ای را تا ۱۷/۷ درصد افزایش می دهد. نشاسته محلول (مانندکربوهیدرات ها) به سرعت در شکمبه تجزیه شده و مقادیر زیادی اسیدهای چرب فرار تولید می کنند در حالی که بخشی از نشاسته مقاوم در شکمبه تجزیه شده و بخش دیگری به روده باریک وارد می شود و در نتیجه مقادیر کمی از اسیدهای چرب فرار در شکمبه تولید می شوند (تروک مورتون و همکاران،۱۹۸۴).

اگر میزان تولید اسیدهای چرب فرار بیشتر از میزان جذب و خنثی شدن باشد (به ویژه در طی مراحل تخمیر شدید در شکمبه)، pH شکمبه به زیر ۵/۸ می آید و در زمان های طولانی تر از ۴ تا ۵ ساعت در روز در این مقدار باقی مانده که این امر منجر به بروز اسیدوز تحت حاد در نشخوارکنندگان می شود (مک نیون و همکاران،۱۹۹۵).

pH مایع شکمبه گاوهای تغذیه شده با جو فرآوری شده با آلوم تقریبا مشابه با جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند بود. البته در تیمار جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند به همراه مکمل پروتئینی با RUP بالااز نظر عددی بالاتر بود. البته تاکنون همبستگی زیادی بین مقدار نشاسته ورودی به روده بزرگ و pH و اسکور شکمبه گزارش نشده است (هاردر و همکاران،۲۰۱۵).

در آزمایشی که کولس (۲۰۱۳) انجام داد ظرفیت بافری با محتوای کل کاتیون و خاکستر خوراک ها همبستگی مثبتی داشت و البته این رابطه از رگرسیون خطی ساده پیروی نمی کرد. pH مایع شکمبه با افزایش محتوای کربوهیدرات غیر ضروری در جیره کاهش یافت اما پروتئین قابل تجزیه در شکمبه هیچ گونه همبستگی را با pH شکمبه آشکار نساخت. در این آزمایش گاوها جیره هایی با سطوح مختلف DCAD[۱] و نسبت های مختلف سدیم به پتاسیم را مصرف می کردند. مصرف ماده خشک، تولید شیر و ترکیبات شیر تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. احتمالاً استرس گرمایی به صورت منفی عملکرد گاوها را تحت تأثیر قرار داده است. تخمیر شکمبه ای به صورت معنی داری تحت تأثیر هر دو عامل DCAD و نسبت سدیم به پتاسیم قرار گرفت. pH ادرار وقتی که جیره ها بالاترین DCAD و پایین ترین نسبت سدیم به پتاسیم را دارا بودند، بیشینه بود.

فرآوری دانه جو با آلوم باعث افزایش نشاسته مقاوم به هضم و کاهش سهم نشاسته سریع تجزیه شونده می شود. نشاسته سریع تجزیه شونده بلافاصله پس از وارد شدن به شکمبه تخمیرشده و تولید اسیدهای چرب فرار می کند. بنابراین با کاهش تولید اسیدهای چرب فرار بلافاصله پس از مصرف خوراک، pH شکمبه نیز بیشتر خواهد بود و ممکن است فرآوری دانه جو با آلوم در مقایسه باعصاره تفاله چغندر قند باعث کاهش قابلیت هضم مؤثر شکمبه ای ماده خشک دانه جو شود. یکی دیگر از عوامل مؤثر بر pH شکمبه، فعالیت جویدن و ترشح بافرهای موجود در بزاق در هنگام خوردن و نشخوار کردن می باشد که این خود متأثر از میزان الیاف مؤثر فیزیکی[۲] در جیره است. بنابراین عوامل مربوط به تغییرخصوصیات دانه جو توسط فرآوری شیمیایی دانه جو می تواند عامل افزایش pH شکمبه در تیمار هایی با RUP بالا باشد.

از راه های پیشنهادی افزایش سهم نشاسته مقاوم به هضم توسط فرآوری دانه جو با آلوم می توان کمک به تشکیل پیوند هیدروژنی درساختار گرانول های نشاسته، کمک به باز شدن باندهای شاخه های آمیلوپکتین و کمک به تشکیل پیوند بین کربوهیدرات و پروتئین (واکنش میلارد) اشاره کرد.

ظرفیت بافری علوفه ها می تواند به عنوان درجه ای از مقاومت مواد علوفه ای در مقابل تغییر pH تعریف شود. علوفه ها دارای ظرفیت بافری متفاوتی هستند. علوفه های تازه با ظرفیت بافری بالا، نسبت به علوفه هایی با ظرفیت بافری پائین نیاز به اسید بیشتری دارند تا pH آن ها کاهش یابد (کیم و همکاران، ۲۰۱۳). ظرفیت بافری

[۱] Dietaty Cation-Anion Difference

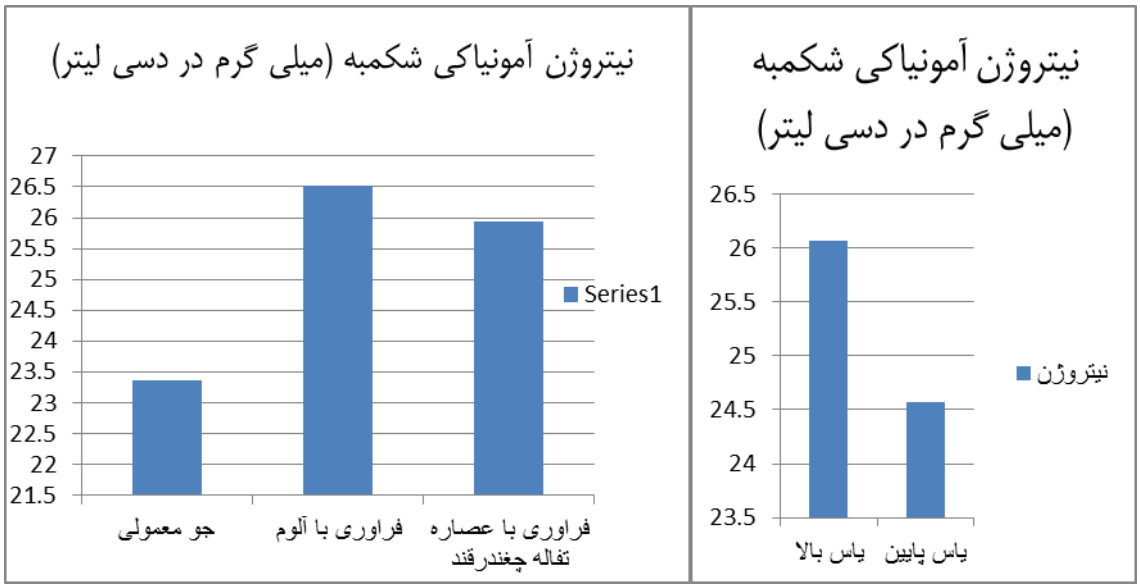
[۲] Physical effective NDF(PeNDF)

مواد علوفه ای و مواد کنسانتره ای پروتئینی به ترتیب ۵/۶ و۴/۱ برابر بیشتر از ظرفیت بافری غلات می باشد (محرری ،۲۰۰۷).

جدول ٤-۷. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری شده و نشده) بر فراسنجه های تخمیری در گاوهای شیرده

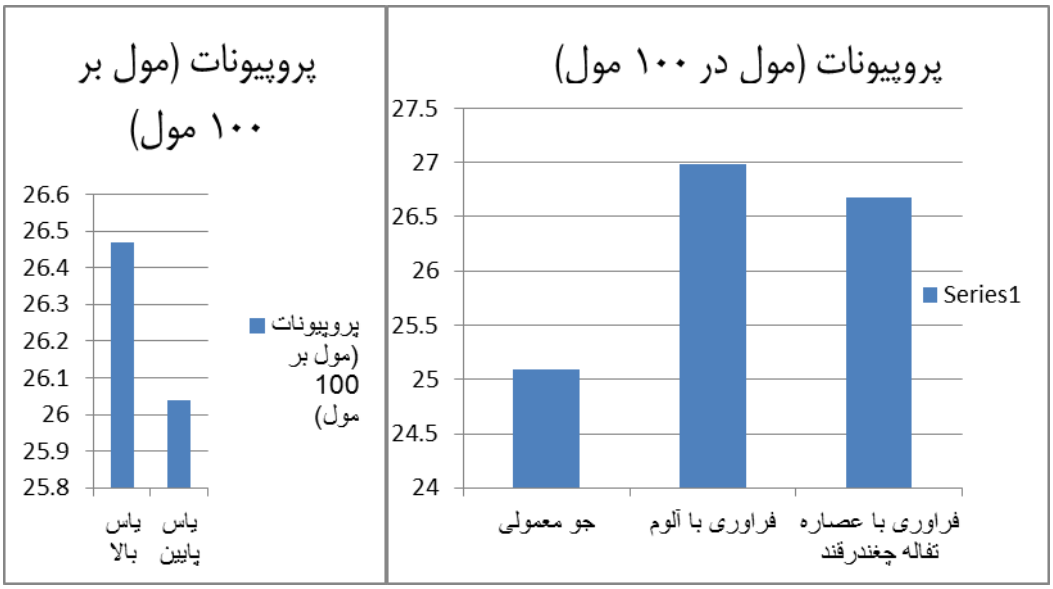
فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	سطح معنی داری		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		یاس بالا در مقابل یاس پایین	کل فرآوری به کنترل	آلوم در مقابل تفاله
استات (مول در ۱۰۰ مول)	۵۶/۳۴	۵۰/۱۱	۵۱/۷۵	۵۱/۳۰	۵۰/۲۵	۵۰/۳۸	۱/۰۱	۰/۲۲	<۰/۰۵	۰/۹۸
بوتیرات (مول در ۱۰۰ مول)	۲۰/۱۷	۲۱/۰۷	۱۹/۱۱	۲۱/۱۲	۲۰/۳۸	۲۰/۷۳	۰/۹۷	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۶
پروپیونات (مول در ۱۰۰ مول)	۲۵/۰۲^{b}	۲۷/۲۳^{a}	۲۷/۱۶^{a}	۲۵/۱۶^{b}	۲۶/۷۶^{ab}	۲۶/۲۱^{ab}	۰/۶۳	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۵۷
والرات (مول در ۱۰۰ مول)	۲/۴۷	۲/۱۴	۲/۰۶	۲/۴۵	۲/۳۱	۲/۵۱	۰/۱۶	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۱۳
نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم در د سی لیتر)	۲۳/۷۴^{b}	۲۷/۶۶^{a}	۲۶/۸۳^{a}	۲۳/۲۸^{b}	۲۵/۳۹^{ab}	۲۵/۰۶^{ab}	۱/۱۹	۰/۸۶	۰/۴۶	۰/۲۹
pH مایع شکمبه	۶/۶۴	۶/۴۸	۷/۰۲	۶/۵۹	۶/۶۸	۶/۷۴	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۴۲

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، RUP (2 کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، CP = 17.5٪ و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا HRSE، (4 RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، CP = 17.8٪؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره هایLRUP و HRUP ،حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری (p<۰/۰۵) می باشد.



نمودار ۴-۱۴- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۴ با افزایش نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیرمعنی داری بر روی این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیمی بر میزان تولید نیتروژن آمونیاکی شکمبه گاوهای شیرده داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.



نمودار ۴-۱۵- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر روی غلظت پروپیونات شکمبه گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۵ با افزایش غلظت پروپیونات شکمبه در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر روی این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیمی بر میزان غلظت پروپیونات شکمبه گاوهای شیرده داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.

۳-٤-٤- متابولیت های خون

مقادیر متوسط پروتئین خون، تری گلیسریدها، کلسترول، کلسیم، فسفر و آنزیم های کبدی ALT و AST در جدول ۴-۸ نشان داده شده اند. افزایش سطوح RUP و فرآوری دانه جو با آلوم یا عصاره تفاله چغندر قند تاثیر معنی داری بر متابولیت های فوق الذکر خون نداشتند. هیچ یک از آنزیم های کبدی ALT و AST تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. بنابراین این طور استنباط می شود که فرآوری قلیایی یا آلی دانه جو هیچ گونه تاثیر مثبت و یا منفی روی متابولیسم کبدی و آنزیم های آن نداشتند (جدول ۴-۸).

جدول ٤-٨. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری نشده و شده) بر متابولیت های خون در گاوهای شیرده

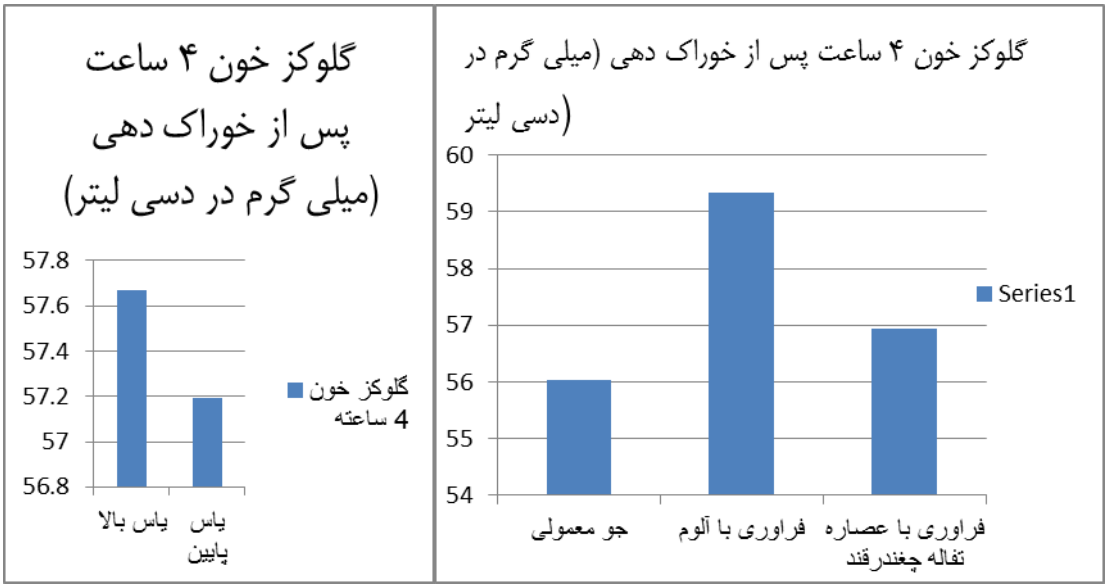
فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	سطح معنی داری		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		یاس بالا در مقابل یاس پایین	کل فرآوری در مقایسه با کنترل	آلوم در مقابل تفاله
پروتئین کل (گرم در دسی لیتر)	۷۴/۵۰	۷۶/۲۸	۷۵/۵۳	۷۴/۳۰	۷۵/۳۱	۷۴/۶۶	۲/۵۸	۰/۶۳	۰/۸۲	۰/۴۱
تری گلیسیرید (میلی گرم در دسی لیتر)	۱۰/۵۰	۱۳/۲۰	۱۳/۶۷	۹/۳۵	۸/۸۰	۱۲/۹۸	۱/۴۷	۰/۷۸	۰/۳۱	۰/۸۹
کلسترول(میلی گرم در دسی لیتر)	۱۲۳/۲۳	۱۱۹/۸۵	۱۱۷/۶۶	۱۲۵/۲۱	۱۲۳/۴۰	۱۱۸/۴۰	۱۸/۵۳	۰/۳۵	۰/۷۶	۰/۶۱
AST(واحد بر لیتر)	۷۷/۹۵	۷۷/۹۹	۷۴/۴۵	۷۱/۹۲	۷۵/۱۹	۷۳/۵۷	۶/۹۶	۰/۶۵	۰/۳۹	۰/۹۸
ALT (واحد بر لیتر)	۲۷/۲۶	۳۲/۹۷	۳۲/۹۹	۳۴/۲۲	۳۱/۰۹	۳۳/۱۵	۳/۱۳	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۹۵
کلسیم(میلی گرم در دسی لیتر)	۱۱/۵۲	۱۱/۶۸	۱۲/۵۰	۱۱/۲۸	۱۱/۳۷	۱۱/۴۰	۱/۶۱	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۱۲
فسفر(میلی گرم در دسی لیتر)	۸/۲۲	۸/۸۴	۹/۱۵	۸/۷۵	۹/۱۸	۹/۲۰	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۲۵

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، ۲) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، ٪CP = 17.5 و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یاHRSE ، ۴) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، ٪CP = 17.8؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره هایLRUP و HRUP.

متوسط غلظت پلاسمایی گلوکز و نیتروژن اوره خون در زمان های قبل از خوراک دهی،۲ ،۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی با جیره های HRAL، HRSE،LRAL و LRSE به ترتیب در جدول ۴-۹ نشان داده شده است. نیتروژن اوره خون و گلوکز در کل تیمارها و در زمان های قبل از خوراک دهی و ۲ ساعت پس از آن تحت تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP قرار نگرفتند، اما غلظت های پلاسمایی آنها (میلی گرم در دسی لیتر) در زمان های ۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی، تفاوت معنی داری را نشان می دهد به طوری که اثر دفعات خون گیری بر غلظت پلاسمایی نیتروژن اوره خون ($p<۰/۰۱$) و گلوکز خون ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود. این افزایش غلظت نیتروژن خون ناشی از پروتئینی است که در شکمبه تجزیه شده و باعث افزایش سطح اوره شکمبه و انتقال آن به جریان خون شده است که البته این افزایش نیتروژن اوره خون مانند افزایش نیتروژن اوره شیر دور از انتظار نمی باشد

چراکه الگوی مناسبی برای تغییر وضعیت تخمیر در شکمبه است. فقدان معنی دار تغییرات اصلی در نیتروژن اوره پلاسما باعث ایجاد شرایط ایده ال برای تخمیر و توازن پروتئین قابل هضم در شکمبه و انتقال پروتئین به خون می‌شود. این دیدگاه مشابه نتایجی است که توسط دکارت و همکاران،۲۰۱۶ گزارش کردند. غلظت پلاسمایی گلوکز تحت تاثیر تیمارها در زمان های ۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی قرار گرفت.

دلیل این که چرا و چگونه تیمارها روی تجزیه نشاسته تاثیر گذار بودند، پیچیده است، اما می توان گفت که تفاوت ها در بخش غیر قابل تجزیه نشاسته در بین تیمارها ممکن است با تفاوت های ساختاری نشاسته و پروتئین آندوسپرم در ارتباط باشد. این امکان پذیراست که ماتریکس پروتئینی که گرانول های نشاسته را احاطه کرده است، مهمترین عامل مسئول برای تفاوت های هضم نشاسته دانه جو در شکمبه باشد و می تواند با روش های فرآوری که در این پژوهش انجام شد، منجر به تخریب ماتریکس پروتئینی گرانول های نشاسته در دانه جو شده باشد (مک آلیستر و همکاران،۱۹۹۶).



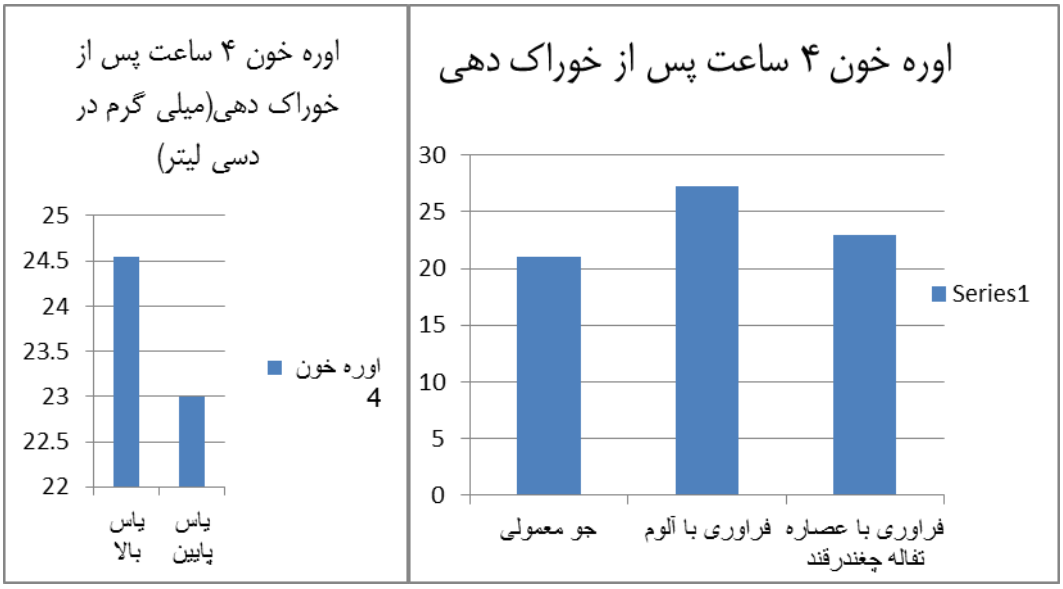
نمودار ۴-۱۶- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر میزان گلوکز پلاسمای خون گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۶ افزایش میزان گلوکز خون در۴ ساعت پس از خوراک دهی در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر افزایش گلوکز پلاسمای خون گاوهای شیرده در ۴ ساعت پس از خوراک دهی داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.

جدول ٤- ۹. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری نشده و شده) بر غلظت پلاسمایی گلوکز و اوره در زمان های مختلف در گاوهای شیرده

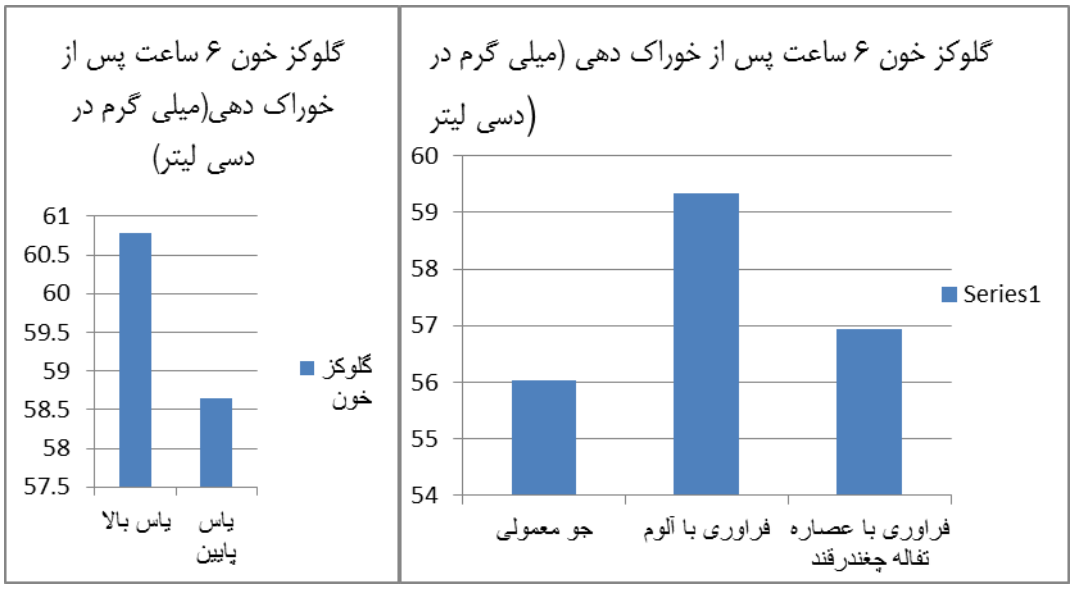
فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	اثرات متقابل		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		یاس بالا در مقابل یاس پایین	کل فرآوری در مقایسه با کنترل	آلوم در مقابل تفاله
قبل از خوراکدهی										
گلوکز(میلی گرم در دسی لیتر)	۵۶/۲۵	۵۷/۲۶	۵۶/۴۰	۵۶/۱۳	۵۷/۲۱	۵۵/۱۵	۲/۷۷	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۱۱
اوره (میلی گرم در دسی لیتر)	۱۸/۱۳	۱۹/۴۳	۱۸/۲۵	۱۸/۳۴	۱۸/۰۶	۱۸/۰۶	۲/۸۷	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۹۶
۲ ساعت پس از خوراک دهی										
گلوکز(میلی گرم در دسی لیتر)	۴۶/۳۴	۴۷/۸۶	۴۷/۲۵	۴۷/۱۲	۴۷/۰۳	۴۷/۱۵	۲/۵۶	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۰۹
اوره(میلی گرم در دسی لیتر)	۱۸/۷۷	۲۱/۰۳	۲۰/۲۵	۱۸/۹۰	۲۰/۱۱	۱۹/۸۶	۲/۷۶	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۵۵
٤ ساعت پس از خوراک دهی										
گلوکز(میلی گرم در دسی لیتر)	۵۵/۵۰^{b}	۶۰/۳۵^{a}	۵۷/۱۷^{ab}	۵۶/۵۵^{ab}	۵۸/۳۳^{ab}	۵۶/۷۰^{ab}	۲/۰۵	۰/۶۱	۰/۰۵	۰/۱۷
اوره(میلی گرم در دسی لیتر)	۲۱/۶۷^{c}	۲۸/۴۵^{a}	۲۳/۵۰^{bc}	۲۰/۴۳^{c}	۲۶/۱۰^{ab}	۲۲/۴۷^{bc}	۲/۱۸	۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۸۶
٦ ساعت پس از خوراک دهی										
گلوکز(میلی گرم در دسی لیتر)	۵۸/۳۳^{ab}	۶۲/۵۲^{a}	۶۱/۵۰^{a}	۵۶/۲۵^{b}	۶۰/۲۹^{ab}	۵۹/۴۳^{ab}	۲/۰۸	۰/۹۰	۰/۰۵	۰/۳۴
اوره(میلی گرم در دسی لیتر)	۲۳/۱۳^{b}	۲۸/۴۰^{a}	۲۷/۳۵^{a}	۲۲/۶۵^{b}	۲۴/۷۰^{b}	۲۳/۰۹^{b}	۱/۹۱	۰/۵۰	۰/۰۱	۰/۵۸

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، ۲) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، CP = 17.5٪ و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یاHRSE ، ۴) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، CP = 17.8٪؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره های LRUP و HRUP. حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری p<۰/۰۵ می باشد.



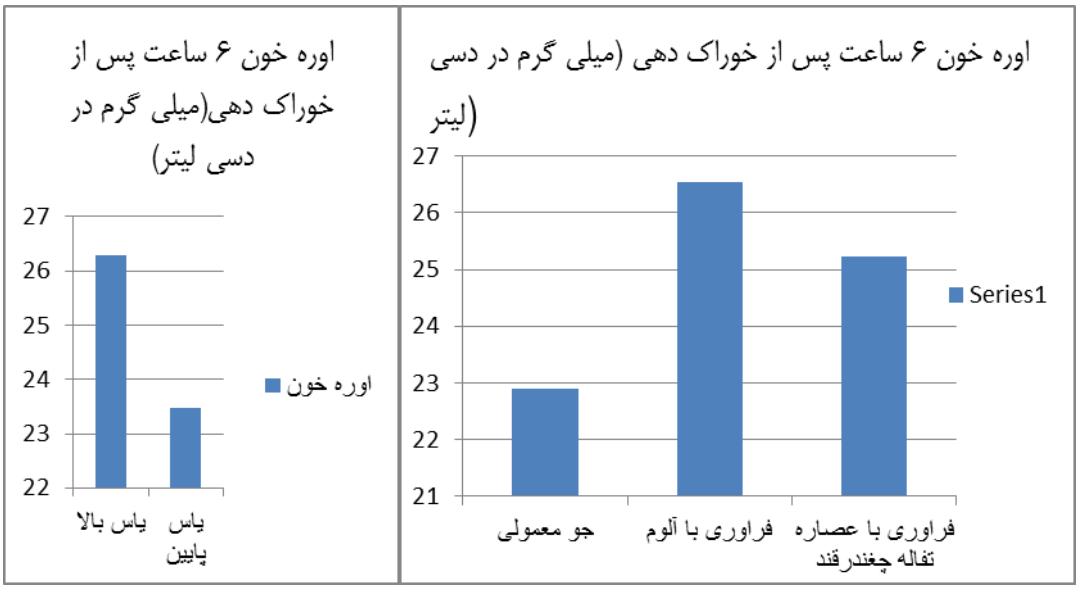
نمودار ۴-۱۷- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر میزان اوره پلاسمای خون گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۷ افزایش میزان اوره خون در۴ ساعت پس از خوراک دهی در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، مشاهده می شود و نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر میزان تولید اوره پلاسمای خون گاوهای شیرده داشته در ۴ ساعت پس از خوراک دهی داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.



نمودار ۴-۱۸- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر میزان گلوکز پلاسمای خون گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۸ افزایش میزان گلوکز پلاسمای خون در۶ ساعت پس از خوراک دهی در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر، مشاهده می شود و نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر افزایش گلوکز پلاسمای خون گاوهای شیرده در ۶ ساعت پس از خوراک دهی داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.



نمودار ۴-۱۹- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر میزان اوره پلاسمای خون گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۱۹ افزایش میزان اوره خون در۶ ساعت پس از خوراک دهی در تیمار فرآوری شده با آلوم نسبت به دو تیمار دیگر،دیده می شود و نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر روی این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر افزایش غلظت اوره پلاسمای خون گاوهای شیرده در ۶ ساعت پس از خوراک دهی داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.

به طور کلی در این آزمایش سطوح غلظت پلاسمایی گلوکز به طور معنی داری در خون گاوهایی که جیره هایHRAL و HRSE را دریافت نموده بودند، نسبت به گاوهایی که جیره های LRAL وLRSE و نیز گروه کنترل را دریافت کرده بودند، بالاتر بود. در مطالعه ای که تانی گیوچی و همکاران در سال ۱۹۹۵ با تزریق نشاسته هیدرولیز شده به داخل شیردان انجام دادند، افزایش غلظت پلاسمایی گلوکز خون را گزارش نمودند.

٤-٤-٤- فعالیت نشخوار و قابلیت هضم جیره های آزمایش

در تحقیق حاضر، صفات رفتار تغذیه ای گاوهای آزمایشی به غیر از حالت ایستاده در زمان های نشخوارکردن و خوردن تحت تأثیر نوع فرآوری جو قرار نگرفت (جدول۴-۱۰).

در این آزمایش زمان جویدن (شامل زمان خوردن و زمان نشخوار) تحت تاثیر افزایش سطوح مختلف RUP کاهش یافت ($p<۰/۰۰۱$). در طی زمان نشخوار (دقیقه در روز) و در حالت ایستاده در تمام تیمارها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی داری ($p<۰/۰۵$) وجود داشت. همچنین در طی زمان خوردن (دقیقه در روز) فقط در حالت

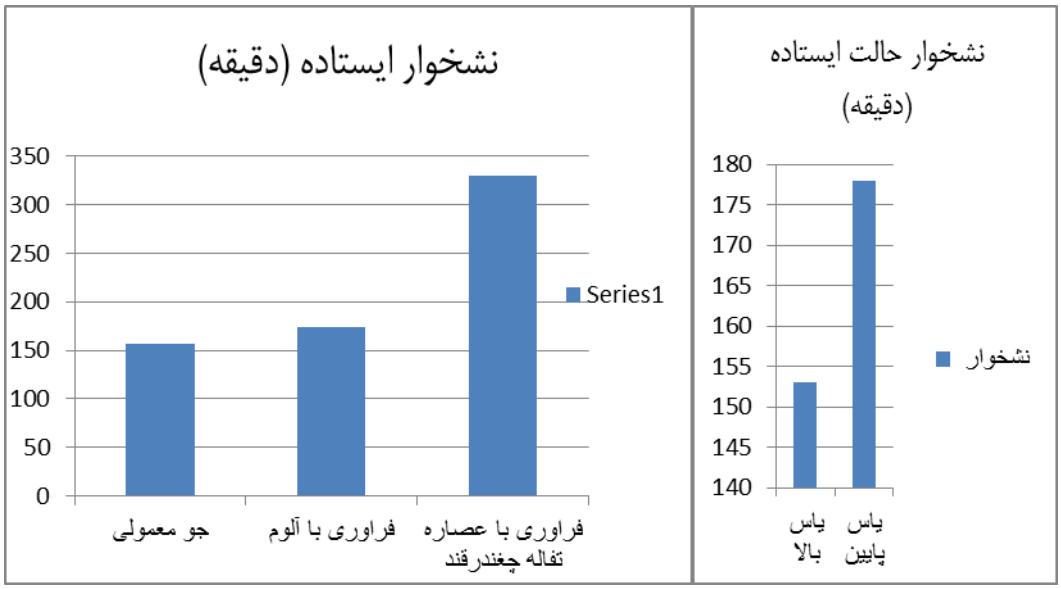
ایستاده در تمام تیمارها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی دار (p<۰/۰۱) وجود داشت. نوع فرآوری تیمارها و سطوح مختلفRUP تاثیر معنی داری بر زمان های نوشیدن و استراحت نداشتند.

فیبر موجود در جیره غذایی از طریق ظرفیت بافری ذاتی آن ماتریکس فیبری، کمیت دیواره سلولی مصرف شده و میزان نشخوار یا تولید بزاق تحریک شده توسط آن منبع فیبری سبب بافری شدن محیط شکمبه می شود (والاس و همکاران،۲۰۰۴). برقراری پیوند شیمیایی بسیار قوی میان کاتیون های مس با گروه های کربوکسی، به ما این امکان را می دهد تا از آن در تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) هم مواد پکتینی و هم بخش های فاقد پکتین دیواره سلولی استفاده کنیم (کوستا و همکاران،۲۰۱۳).

جدول ٤-۱۰. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری نشده و شده) برفعالیت نشخوار در گاوهای شیرده

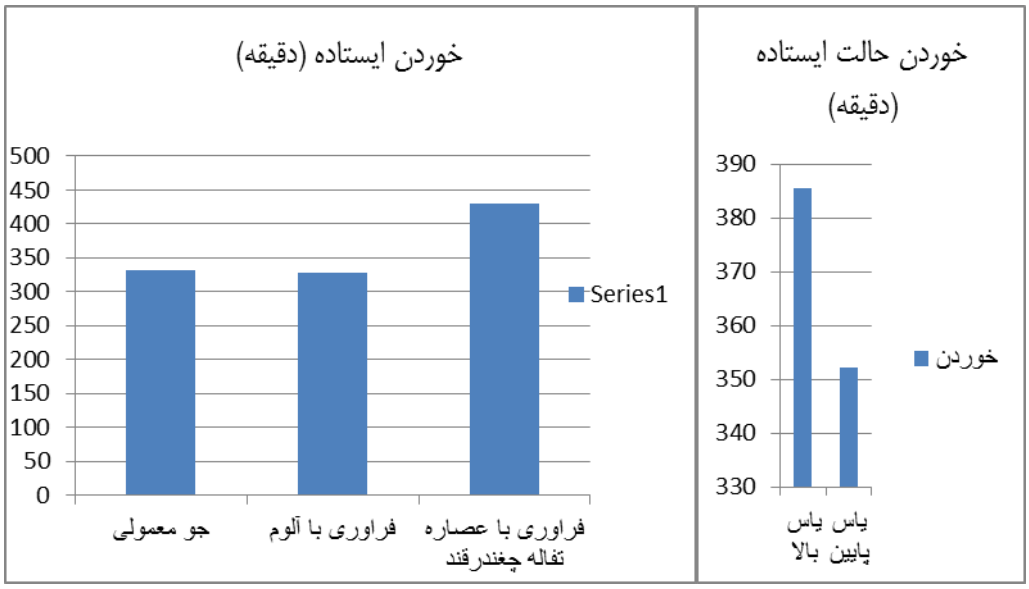
فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	سطح معنی داری		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		باس بالا در مقابل یاس پایین	فرآوری به کنترل	آلوم در مقابل تفاله
نشخوار کردن										
ایستادن	۱۶۰/۰^{c}	۱۴۷/۰^{d}	۱۵۲/۲^{bc}	۱۵۳/۹^{bc}	۲۰۰/۱^{a}	۱۷۷/۲^{b}	۱۹/۲	۰/۴۰	<۰/۰۰۱	۰/۳۹
دراز کشیدن	۳۷۶/۰	۳۷۱/۲	۳۴۰/۷	۳۱۸/۲	۳۴۴/۳	۳۳۹/۴	۱۷/۷	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۲۱
خوردن										
ایستادن	۳۳۹/۱^{ab}	۳۲۴/۳^{c}	۳17/۴^{c}	۳۵۹/۳^{b}	۳۳۰/۱^{ab}	۳۶۷/۱^{a}	۱۳/۷	۰/۴۱	<۰/۰۰۱	۰/۳۳
دراز کشیدن	۱۰/۴	۹/۶	۸/۴	۱۱/۵	۱۴/۱	۹/۸	۱/۹	۰/۵۷	۰/۴۰	۰/۲۸
نوشیدن	۶۹/۱	۵۶/۱	۸۲/۲	۶۹/۴	۸۱/۱	۸۳/۱	۱۰/۷	۰/۶۲	۰/۳۳	۰/۳۶
استراحت کردن	۴۸۵/۳	۵۳۱/۵	۵۳۹/۰	۵۲۷,۴	۴۷۰/۱	۴۶۲/۲	۲۷/۰	۰/۴۹	۰/۶۵	۰/۵۸

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، ۲) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، ٪CP = 17.5 و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یاHRSE ، ۴) RUPبالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، ٪CP = 17.8؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره هایLRUP و HRUP،حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح آماری p<۰/۰۵ می باشد.



نمودار ۴-۲۰- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر فعالیت نشخوار درحالت ایستاده گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۲۰ افزایش فعالیت نشخوار درحالت ایستاده در تیمار فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر، مشاهده می شود و نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر معکوس بر فعالیت نشخوار درحالت ایستاده گاوهای شیرده داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.



نمودار ۴-۲۱- تاثیر نوع فرآوری و سطوح مختلف RUP بر فعالیت خوردن درحالت ایستاده گاوهای شیرده

با توجه به نمودار ۴-۲۱ افزایش فعالیت خوردن درحالت ایستاده در تیمار فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند نسبت به دو تیمار دیگر، دیده می شود و نوع فرآوری، تاثیر معنی داری بر این پارامتر داشته است. از سویی دیگر

سطوح بالای مکمل پروتئینی در این آزمایش تاثیر مستقیم بر فعالیت خوردن درحالت ایستاده گاوهای شیرده داشته که این تاثیر معنی دار بوده است.

مشاهدات نشان داده است که ترکیبات دیواره سلولی گیاهان مختلف، دارای ظرفیت تبادل کاتیونی متفاوتی هستند و سلولز دارای ظرفیت تبادل کاتیونی نسبتاً پایینی است، در حالی که لیگنین و تولیدات حاصل از واکنش میلارد ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری دارند (آلن و همکاران،۱۹۸۵). تأکید بر این است که استفاده از اندازه گیری های گراوی متریک برای تفسیر اثرات فیزیولوژیک دشوار است، چراکه منابع گیاهی مختلف از لحاظ بافری کردن دستگاه گوارش متفاوت هستند (مک بورنی و همکاران، ۱۹۸۳).

قابلیت های هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و نشاسته جیره ها در تیمارهای مختلف در جدول۴ – ۱۱ نشان داده شده است. براساس نتایج پژوهش حاضر، قابلیت هضم ظاهری مـواد مغـذی تحـت تأثیر فرآوری دانه جو با آلوم یا عصاره تفاله چغندر قند قرار نگرفت. قابلیت هضم ماده خشک افزایشی در حدود ۱/۲ تا ۳ درصد به ترتیب در جیره های HRAL و HRSE نسبت به گروه کنترل داشته است و هیچ یک از مقایسات شامل مقایسه گروه کنترل با سایر تیمارها یا تیمارهایی دارایRUP بالا با تیمارهایی دارایRUP پائین و یا مقایسه تیمارهای فرآوری شده با آلوم یا فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند معنی دار نشده است. البته افزودن مکملRUP در جیره های HRAL وHRSE به ترتیب سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام جیره به میزان ۲/۶ تا ۴/۱ درصد و همچنین سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده آلی به ترتیب به میزان ۲ تا ۲/۴ درصد شده است.

در مطالعه ای که بر روی گوساله های نر اخته توسط تانی گیوچی و همکاران در سال ۱۹۹۵ انجام شد، همبستگی بالایی بین جریان پروتئین خام غیر میکروبی در پس از شکمبه با افزایش قابلیت هضم نشاسته در پس از شکمبه گزارش گردید. این داده ها این فرضیه را حمایت می کنند که افزایش قابلیت دسترسی پروتئین در روده باریک باعث بهبود ترشح تمام آنزیم های گوارشی پانکراس از جمله آنزیم هایی که در هضم نشاسته موثرند، می شوند. تانی گیوچی(۱۹۹۳) دریافت که قابلیت هضم نشاسته در روده باریک گوسفند و نیز جذب خالص گلوکز در جریان خون سیاهرگی گوساله های نر اخته هر دو در پاسخ به افزایش پروتئین در روده باریک افزایش می یابند.

متوسط قابلیت هضم ظاهری نشاسته در این آزمایش حدود ۸۲ درصد بود و با وجود تفاوت بین تیمارها معنی دار نبود (جدول ۴-۱۱). متوسط قابلیت هضم ظاهری ماده آلی ۴۵ درصد بود و تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده نگردید. در این پژوهش هیچ گونه تفاوت معنی داری در بین تیمارها از لحاظ قابلیت هضم ماده خشک و یا سایر مواد مغذی جیره (پروتئین خام، ماده آلی و نشاسته) مشاهده نگردید. اما از نظر عددی قابلیت هضم مواد مغـذی در تیمـار های با RUP بالا نسبت بـه تیمـار های با RUP پائین بیشتر بود (جدول۴-۱۱). به هر حال قابلیت هضم ظاهری پروتئین ونشاسته درجیره هایHRAL وHRSE نسبت به گاوهای که جیره های LRAL و LRSEدریافت کرده بودند، بالاتر بود. در آزمایشی دیگر، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی از جمله ماده خشـک، ماده آلی، نشاسته و پروتئین خام تحت تاثیر نوع فرآوری دانه جو قرار نگرفت (هاردر و همکاران،۲۰۱۵). مهمترین منابع نشاسته ای در جیره های آزمایش حاضر، دانه های جو و ذرت بودند که در مقادیر مشابه در تیمارهای مختلف استفاده شده بودند. حال اگر متوسط کل کربوهیدرات های غیر ساختمانی[1] را که توسط گاوهای موجود در این آزمایش مصرف شده باشد را ۹/۲ کیلوگرم در روز و تجزیه شکمبه ای آنها را حدود ۵۰ درصد و حداکثر هضم روده ای را ۲/۵ کیلوگرم در روز فرض نمائیم (براساس فرضیه آونز و همکاران،۱۹۸۶). بنابراین بیش از ۲ کیلوگرم در روز TNC ممکن است در روده باریک هضم شود. هضم و جذب در روده باریک حدود یک یا کمی بیشتر از یک کیلوگرم در روز TNC باشدکه حدود ۴ مگاکالری به ازای هر کیلوگرم انرژی قابل هضم را تولید می کند.

افزایش در قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام جیره (جدول۴-۱۱) ممکن است در نتیجه افزایش جریان پروتئین غیر قابل تجزیه جیره به روده باریک باشد و از طرف دیگر انتظار می رود که قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین‌های مکمل جیره (یاسمینو مکس سوی) بیشتر از پروتئین خام میکروبی باشد. بنابراین می توان اینطور استنباط نمود که جیره های غنی از منابع نشاسته ای غیر قابل تجزیه در شکمبه با افزایش میزان پروتئین خام غیر قابل تجزیه بالا در جیره تا حدود ۸ درصد ماده خشک جیره توجیه پذیر باشند. در هر حال هنگامی که منابع نشاسته ای با قابلیت تجزیه بالا مانند دانه جو در جیره استفاده می شوند، حدود ۳ تا ۶ درصد از میزان پروتئین خام غیر قابل تجزیه ممکن است کافی باشد.

[1] Total non-structural carbohydrate(TNC)

جدول ٤-١١. تاثیر مقادیر مختلف RUP و دانه جو (فرآوری نشده و شده) بر قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیرده

فراسنجه	یاسمینو بالا			یاسمینو پایین			خطای استاندارد	سطح معنی داری		
	شاهد	آلوم	عصاره تفاله	شاهد	آلوم	عصاره تفاله		یاس بالا در مقابل یاس پایین	کل فرآوری در مقایسه با کنترل	آلوم در مقابل تفاله
ماده خشک(درصد)	۶۳/۲۰	۶۴/۲۶	۶۵/۷۱	۶۴/۰۰	۶۴/۲۹	۶۴/۱۱	۰/۷۹	۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۶۳
ماده آلی(درصد)	۶۴/۳۳	۶۵/۱۹	۶۷/۶۹	۶۵/۵۱	۶۶/۰۱	۶۵/۵۵	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۷۱
پروتئین خام(درصد)	۶۷/۲۰	۶۹/۱۹	۷۰/۲۰	۶۷/۴۹	۶۷/۵۱	۶۸/۵۱	۱/۲۴	۰/۵۹	۰/۱۸	۰/۵۲
نشاسته(درصد)	۷۹/۴۳	۸۴/۱۹	۸۵/۱۹	۷۷/۴۴	۸۳/۵۵	۸۲/۲۲	۳/۴۰	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۴۵

شش تیمار جیره آزمایشی شامل :۱) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یا LRSE، ۲) RUP کم با دانه جو فرآوری شده با آلوم یا LRAL، CP = 17.5٪ و ۳) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با عصاره تفاله چغندر قند یاHRSE ، ۴) RUP بالا با دانه جو فرآوری شده با آلوم یاHRAL، CP = 17.8٪؛ ۵) و ۶) گروه کنترل به ترتیب برای جیره هایLRUP و HRUP.

فرآوری شیمیایی دانه جو می‌تواند در کاهش اثرات منفی جیره‌های با نشاسته بالا موثر باشد و میزان اثر بخشی آن‌ها در کاهش تجزیه شکمبه‌ای نشاسته، به نوع و غلظت ماده شیمیایی وابسته است. به خاطر این که تغذیه مواد متراکم، محدودیت‌های خاص خود را دارد، لذا تهیه جیره‌ای که احتیاجات انرژی گاوهایی با تولید بالا را تامین نماید مشکل است (ایکبال و همکاران،۲۰۰۹). در نتیجه به دلیل گلوکونئوژنز ناکافی و سطح گلوکز، تولید شیر محدود می‌گردد و می‌تواند چندین بیماری متابولیکی نیز ایجاد نماید.

در آزمایشی که بروکنتال و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر روی ۳۶ راس گاو شیرده چند شکم زایش نژاد هلشتاین انجام دادند، مشاهده کردند که با افزایش میزان پروتئین عبوری به روده باریک، هم قابلیت هضم نشاسته و هم راندمان مصرف انرژی گاوهای شیرده که با جیره های حاوی مقادیر بالای غلات تغذیه می شوند، بهبود یافته است.

فصل پنجم

۱-۵- نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

با توجه به نتایج بدست آمده از چهار آزمایش این پژوهش می‌توان نتیجه گیری کرد که:

فرآوری با عصاره جلبک دریایی در واریته نصرت هم بر میزان پروتئین خام و هم نشاسته تاثیر معنی داری ($p<۰/۰۵$) داشته است و این مقدار به ترتیب ۱۳۲/۲ و ۶۲۴/۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک بوده است. عصاره تفاله چغندر قند در واریته به رخ باعث افزایش معنی داری ($p<۰/۰۵$) در میزان نشاسته (۶۹۰ گرم درکیلوگرم ماده خشک) و خاکستر خام (۳۳/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و بیشترین کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (به ترتیب ۲۰۹۸ و ۷۹ گرم درکیلوگرم ماده خشک) نسبت به سایر فرآوری ها شده است.

در آزمایش کشت ثابت، در واریته نصرت ثابت نرخ هضم پروتئین در فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی نسبت به عصاره های گیاهی معنی دار ($p<۰/۰۵$) بود و بیشترین آن مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم، آلوم (۰/۰۵) و عصاره تفاله چغندر قند (۰/۰۸) و کمترین مربوط به فرآوری با عصاره جلبک دریایی و آمونیاک مایع (۰/۰۳) بود. کمترین ثابت نرخ هضم در واریته به رخ مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۰۵) و بیشترین آن مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند (۰/۱۰) بود. ثابت نرخ هضم نشاسته دانه جو واریته نصرت در فرآوری با ترکیبات قلیایی نسبت به فرآوری با عصاره های گیاهی در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) معنی دار بود و بیشترین مقدار مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۱۱ در ساعت) و کمترین آن مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند مشاهده شد. در آزمایش

کیسه های نایلونی متحرک اثرات متقابل فرآوری با ترکیبات قلیایی در برابر عصاره های گیاهی بر ناپدید شدن شکمبه ای پروتئین خام در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود و بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری با عصاره جلبک دریایی (۰/۸۹) و کمترین آن مربوط به فرآوری با عصاره تفاله چغندر قند (۰/۸۱) بود. تاثیر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو بر روی ناپدید شدن شکمبه ای پروتئین خام در مقایسه با گروه کنترل در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود.

در این آزمایش فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی در مقایسه با عصاره های گیاهی بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته، در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود و بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به فرآوری با آلوم (۰/۷۵) و عصاره جلبک دریایی (۰/۴۱) بود. در ضمن در این آزمایش تاثیر تمام فرآوری های شیمیایی دانه جو بر ناپدید شدن پس از شکمبه ای نشاسته نسبت به گروه کنترل در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود. تاثیر تمام فرآوری های شیمیایی دانه جو بر ناپدید شدن پروتئین خام در کل دستگاه گوارش نسبت به گروه کنترل در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری دانه جو با عصاره تفاله چغندر قند و کمترین آن مربوط به فرآوری با هیدروکسید سدیم بود.

در مورد میزان ناپدید شدن نشاسته در کل دستگاه گوارش، اثر فرآوری های شیمیایی مختلف دانه جو در این آزمایش نسبت به گروه کنترل بر روی این پارامتر در سطح آماری (p<۰/۰۵) معنی دار بود به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به فرآوری دانه جو با آلوم و کمترین مقدار آن مربوط به فرآوری با عصاره های یونجه و جلبک دریایی بود. از سویی دیگر، فرآوری دانه جو با ترکیبات قلیایی نسبت به عصاره های گیاهی بر میزان ناپدید شدن نشاسته در کل دستگاه گوارش معنی دار نبود.

در آزمایش درون تنی در طی زمان خوردن (دقیقه در روز) فقط در حالت ایستاده در تمام تیمارها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی دار (p<۰/۰۱) وجود داشت. نوع فرآوری تیمارها و سطوح مختلفRUP تاثیر معنی داری بر زمان های نوشیدن و استراحت نداشتند. متوسط غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در تیمارهای آزمایشی ۲۵ میلی گرم در دسی لیتر بود و تفاوت معنی داری در بین تیمارها (p<۰/۰۵) مشاهده گردید. غلظت های پروپیونات مایع شکمبه (مول در۱۰۰مول) برای گاوهایی که جیره های HRAL،HRSE،LRAL وLRSE دریافت کرده بودند، به ترتیب ۲۷/۲۳، ۲۶/۱۶، ۲۶/۷۶ و۲۶/۲۱ بود و تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده گردید (p<۰/۰۵).

هیچ گونه تفاوت معنی داری در سطوح pH مایع شکمبه در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. به غیر از غلظت پلاسمایی گلوکز و اوره در ساعت های ۴ و ۶ ساعت پس از خوراک دهی معنی دار ($p<۰/۰۵$) بودند افزایش سطوح RUP و فرآوری دانه جو با آلوم یا عصاره تفاله چغندر قند تاثیر معنی داری بر متابولیت های خون نداشتند. تفاوت آماری معنی داری ($p<۰/۰۱$) در اثر فرآوری دانه جو و سطوح مختلف RUP در میزان خوراک مصرفی گاوهای شیری مشاهده گردید. در این آزمایش تولید شیر تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت، اما تولید روزانه (کیلوگرم) ترکیبات شیر بطور معنی داری ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها و نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. میزان اوره شیر در جیره های LRUP در مقایسه با جیره های HRUP پائین تر بود ($p<۰/۰۵$). شمارش سلول های بدنی در جیره های LRUP بالاتر بود، اما فرآوری دانه جو با آلوم یا عصاره تفاله چغندر قند، هیچ تاثیری بر روی این پارامتر نداشت. در این پژوهش فرآوری دانه جو با آلوم به همراه مکمل پروتئینی موجب افزایش خوراک مصرفی در گاوهای شیری در اواسط شیردهی و افزایش تولید روزانه ترکیبات شیر شد.

با توجه به نتایج بدست آمده می توان پیشنهاد نمود که بهتر است در پژوهش های بعد در حین استفاده از فرآوری دانه جو با آلوم، حتما از یک نوع از فرآوری های فیزیکی رایج در دانه جو مانند فلیک کردن با بخار آب نیز استفاده شود و تاثیر آن را بر پاسخ های متابولیکی گاو های شیری در اوایل و اواسط شیرواری بررسی نمود.

ثانیا پیشنهاد می شود با توجه به تاثیر پروتئین عبوری بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی از غلظت های بالاتری از آن که در این پژوهش استفاده شد، در پژوهش های آینده استفاده شده و تاثیر آن را در ترکیبات و تولید شیر گاوهای شیرده مورد بررسی قرار داد.

منابع مورد استفاده

دانش مسگران،م.۱۳۸۸ .روشهای نوین برون حیوانی در پژوهش های علوم دامی.چاپ اول.انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

شریفی،م. خادم، ع.ا .۱۳۹۱. نشخوارکنندگان و پویایی شکمبه.چاپ اول.انتشارات دانش نگار، تهران.

مومنی،ت.خ.۱۳۷۹ .عصاره های گیاهی.چاپ اول. انتشارت شهید فرهاد رضا، مشهد.

یعقوب زاده،م.م.۱۳۸۹ .تغذیه و فرآوری صنعتی درکارخانجات خوراک دام.چاپ اول.موسسه فرهنگی انتشاراتی خاتم، مشهد.

Abdi, G.E., Danesh Mesgaran, M., Nassiri Moghadam H., and Vakili A.R. 2012. Effect of climate on the *In vitro* first order ruminal disappearance kinetics of dry matter in grain of semi arid native barley cultivars. .*African Journal of Agricultural Research, 7: 1468-1474.*

Akerberg, A., Liljeberg, H., and Bjorck, I. 1998. Effects of amylose/amylopectin ratio and baking conditions on resistant starch formation and glycaemic indices. *Journal of Cereal Science, 28: 71–80.*

Allen, M. S., McBurney, M. I., and Van Soest, P. J. 1985. Cation exchange capacity of plant cell walls at neutral pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 36*: *1065-1072.*

Allen, V. G. 1984. Influence of dietary aluminum on nutrient utilization in ruminants. *Journal of Animal Science, 59*: *836-843.*

Anderson, G. D., Berger, L. L., and Fahey, G. C. 1981. Alkali treatment of cereal grains. II. Digestion, ruminal measurements and feedlot performance. *Journal of animal science, 52*: *144-149.*

Antoniewicz, A.M., Van Vuuren, A.M., Van Der Koelen, C.J., and Kosmala, I. 1992. Intestinal digestibility of rumen undegraded protein of formaldehyde treated feedstuffs measured by mobile bag and *In vitro* technique. *Animal Feed Science Technology, 39: 111–124.*

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Arendt, E.K. and Zannini, E., 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Elsevier.

Arroquy, J.I., Cochran, R.C., Nagaraja, T.G., Titgemeyer, E.C., and Johnson, D.E. 2005. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *In vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. *Animal Feed Science Technology, 120: 93–106.*

Asaoka, M., Okuno, K., Hara, K., Oba, M., and Fuwa, H. 1989. Effects of environmental temperature at the early developmental stage of seeds on the characterization of endosperm starches of rice (*Oryza sativa L.*). *Journal Japanianes Society of Starch Science, 36:1-8.*

Aschenbach, J. R., Kristensen, N. B., Donkin, S. S., Hammon, H. M., and Penner, G. B. 2010. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB life, 62: 869-877*.

Baker, F., Nasr, H., Morrice, F., and Bruce, J. 1950. Bacterial breakdown of structural starches and starch products in the digestive tract of ruminant and non-ruminant mammals. *The Journal of pathology and bacteriology, 62: 617-638*.

Ball, S., Guan, H.-P., James, M., Myers, A., Keeling, P., Mouille, G., Buleon, A., Colonna, P., and Preiss, J. 1996. From glycogen to amylopectin: a model for the biogenesis of plant starch granule. *Cell, 86: 349-352.*

Ball, S.G., and Morell, M.K. 2003. From bacterial glycogen to starch: understanding the biogenesis of the plant starch granule. *Annual Revoulution of Plant Biology, 54: 207-233*.

Batajoo, K. K., and Shaver, R. D. 1998. *In situ* dry matter, crude protein, and starch degradabilities of selected grains and by-product feeds. *Animal Feed Science and Technology, 71: 165-176.*

Beauchemin, K.A., Jones, S.D.M., Rode, L.M., and Sewalt, V.J.H. 1997. Effects of fibrolytic enzymes in corn or barley diets on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science, 77: 645-653.*

Bechtel, D.B., Zayas, I., Kaleikau, L., and Pomeranz, Y. 1990. Size distribution of wheat starch granules during endosperm development, *Cereal Chemistry, 67: 59-63.*

Björck, I., Asp, N. G., Birkhed, D., and Lundquist, I. (1984). Effects of processing on availability of starch for digestion *in vitro* and *in vivo*; I extrusion cooking of wheat flours and starch. *Journal of Cereal Science, 2: 91-103*.

Bobin-Dubigeon, C., Hoebler, C., Lognone, V., Dagorn-Scaviner, C., Mabeau, S., Barry, J. L., and Lahaye, M. 1997. Chemical composition, physico-chemical properties, enzymatic inhibition and fermentative characteristics of dietary fibres from edible seaweeds. *Sciences des aliments, 17: 619-639*.

Boss, D.L., and Bowman, J.G. 1996a. Barley varieties for finishing steers: I. feedlot performance, *in vivo* diet digestion, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science, 74: 1967-1972.*

Boss, D.L., and Bowman, J.G.P. 1996b. Barley varieties for finishing steers: II. ruminal characteristics, and rate, site and extent of digestion. *Journal of Animal Science, 74: 1973–1981.*

Bowman J.G.P., Blake T.K., Surber L.M.M., Habernicht D.K., and Bockelman H. 2001. Feed-quality variation in the barley core collection of the USDA national small grains collection. *Crop Science. 41:863-870.*

Bowman, J.G., Blake, T.K., Surber, L.M., Habernicht, D.K., Daniels, T.K., and Daniels, J.T. 1996. Genetic factors controlling digestibility of barley for ruminants. Proceeding West Section American Society of Animal Science, *47: 257.*

Bradshaw, W.L., Hinman, D.D., Bull, R.C., Everson, D.O. and Sorenson, S.J.1996. Effect of barley variety and processing methods on feedlot steer performance and carcass characteristics, *Journal of Animal Science, 74:18-24.*

Broderick, G. A., and Clayton. M. K., 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science, 80*: *2964–2971.*

Broderick, G.A., and Cochran, R.C. 2000. *In vitro* and *In situ* techniques for estimating digestibility with reference to protein degradability, in Feeding Systems and Feed Evaluation Methods, Ed by Theodorou MK and France J. CABI publishing, Wallingford, pp: *53-86.*

Bruckental, I., Abramson, S., Zamwell, S., Adin, G., and Arieli, A. (2002). Effects of dietary undegradable crude protein level on total non-structural carbohydrate (TNC) digestibility, and milk yield and composition of dairy cows. *Livestock production science, 76: 71-79.*

Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V., and Ball, S. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biology Macromolecule, 23: 85-112.*

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., and Kamel, C. 2006. Plant extracts affect *In vitro* rumen microbial fermentation. *Journal of dairy science, 89: 761-771*.

Cabrita, A. R. J., Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Dewhurst, R. J., and Fonseca, A. J. M. 2007. Effects of dietary protein and starch on intake, milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of dairy science, 90: 1429-1439*.

Campbell, L.D., Bolia, R.J., and Stothers, S.C. 1995. Variation in the chemical composition and test weight of barley and wheat grain grown at selected location throughout Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science, 75: 239-246.*

Campling, R.C.1991. Processing cereal grain for cattle- a review. *Livestock Production Science, 28:223-234.*

Carvalho, A. F. U., Portela, M. C. C., Sousa, M. B., Martins, F. S., Rocha, F. C., Farias, D. F., and Feitosa, J. P. A. 2009. Physiological andphysico-chemical characterization of dietary fibre from the green seaweed *Ulva fasciata Delile*. *Brazilian Journal of Biology, 69*: 969-977.

Cerrilla, M. E. O., and Martínez, G. M. 2003. Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: A review. *Interciencia-Caracas, 28*: 380-386.

Chen, Y. K., Pell, A.N., Chase, L.E., and Schofield, P. 1999. Rate and extent of digestion of the ethanol-soluble and neutral detergent insoluble fractions of corn grain. *Journal of Animal Science, 77: 3077–3083.*

Classen, H.L., Campbell, G.L., Rossnagel, B.G., and Bhatty, R.S. 1988. Evaluation of hulless barley as replacement for wheat or conven tional barley in laying hen jadiets. *Canadian Journal of Animal Science, 68:1261–1266.*

Colkesen, M., Kamalak A., Canbolat O., Gurbuz Y., and Ozkan C.O. 2005. Effect of cultivar and formaldehyde treatment of barley grain on rumen fermentation characteristics using *In vitro* gas production. *South Afirican Journal of Animal Science, 35: 206-212.*

Combs, J.J., and Hinman, D.D. 1989. Effect of dry rolled and tempered-rolled barley or wheat on feedlot cattle performance. Proceeding West Section American Society of Animal Science, *40: 373-376.*

Cone, J.W., Van Gelder A.H., Visscher G.J.W., and Oudshoorn L. 1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics estimated with a fully automated time related gas production apparatus. *Animal Feed Science and Technology, 61:113–128.*

Cone, J.W. 1991. Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes. *Journal of Science and Food Agriculture, 54: 23–34.*

Cone, J.W., and Vlot, M. 1990. Comparison of degradability of starch in concentrates by enzymes and rumen fluid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 63: 142–148.*

Costa, L. B., Luciano, F. B., Miyada, V. S., and Gois, F. D. 2013. Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets. *South African Journal of Animal Science, 43: 66-78.*

Cowles, K. E. 2013. Effects of dietary cation-anion difference (DCAD) and Na:K on dairy cows in early lactation, and the interaction of particle and passage in cattle. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Animal Sciences in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

Crowe, N. A., Neathry, M. W., Miller, W. J., Muse, L. A., Crowe, C. T., Varnadoe, J. L., and Blakmon, D. M. 1990. Influence of high dietary aluminum on performance and phosphorus bioavailability in dairy calves. *Journal of Dairy Science, 73:808—818.*

Deckardt, K., Metzler-Zebeli, B. U., and Zebeli, Q. 2016. Processing barley grain with lactic acid and tannic acid ameliorates rumen microbial fermentation and degradation of dietary fibre *In vitro*. *Journal of the Science of food and Agriculture, 96*: *223-231*.

Deckardt, K., Khol-Parisini, A., and Zebeli, Q. 2013. Peculiarities of enhancing resistant starch in ruminants using chemical methods: opportunities and challenges. *Nutrients, 5*: *1970-1988*.

Dehghan-Banadaky, M., Amanlo, H., Nikkhah, A., Danesh-Mesgaran, M., and Emami, M. R. 2008. Rumen and post-abomasal disappearance in lactating cows of amino acids and other components of barley grain treated with sodium hydroxide, formaldehyde or urea. *Animal Feed Science and Technology, 142*: *306-316*.

Dehghan-Banadaky, M., Corbett, R., and Oba, M. 2007. Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology, 137*: *1-24*.

Demeterova, M., and Vajda, V. 2000. Effect of NaOH treated grain supplemental on some variables of intermediary metabolism, acid-base balance, and milk composition in dairy cows. *Czech Journal of Animal Science, 45: 25-31*.

Depeters, E.J., and Taylor, S.J. 1985. Effects of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. *Journal of Dairy Science, 68: 2027-2032.*

Dijkstra, J., Forbes, J.M., and France, J. 2004. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, King's Lynn., pp:*123-128.*

Doornbos, D.E., and Newman C.W. 1989. Correlation of physical and chemical properties of barley varieties. Proceeding Western Section American Society of Animal Science, pp*: 40:65*.

Engstrom, D.F., Mathison, G.W. and Goonewardene, L.A. 1992. Effect of B-glucan, starch, and libre content and steam vs. dry rolling of barley grain on its degradability and utilization by steers. *Animal Feed Science and Technology, 37: 33-46.*

FAO Statistics, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations online database. http://faostat.fao.org.

Faraj, A., Vasanthan, T. and Hoover, R., 2004. The effect of extrusion cooking on resistant starch formation in waxy and regular barley flours. *Food Research International*, *37*: 517-525.

Ferraretto, L. F., Crump, P. M., and Shaver, R. D. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of dairy science, 96*: *533-550.*

Fiems, L.O., Cottyn, B.G., Boucque, Ch.V., Vanacker, J.M., and Buysse, F.X. 1990. Effect of grain processing on *In sacco* digestibility and degradability in the rumen. *Archives of Animal Nutrition, 40: 713-721.*

Foley, A. E., Hristov, A. N., Melgar, A., Ropp, J. K., Etter, R. P., Zaman, S., Hunt, C. W., Huber, K., and Price, W. J. 2006. Effect of barley and its amylopectin content on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 89: 4321–4335*.

Fox, G.G., Tylutki P., Tedeschi L.O., Van Amburg M.E., Chase L.E., Pell A.N., Overton T.R., and Russel, J.B. 2003. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Version 5.0. Animal Science Department Mimeo 213. Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Fredin, S. M., Ferraretto, L. F., Akins, M. S., Hoffman, P. C., and Shaver, R. D. 2014. Fecal starch as an indicator of total-tract starch digestibility by lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, *97*: *1862-1871.*

Gallant, D.J. Bouchet B., Buelon, A., and Perez, S. 1992. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal Clinical Nutrition, 46: 3-16.*

Galyean, M.L., Wagner, D.G., and Owens, F.N. 1981. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *Journal of Dairy Science, 64: 1804-1812.*

Georing, H.K., and Van Soest, P.J. 1970. *Forage Fibre Analysis* (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications), Vol 379, ARS, USDA, Washington, DC.

Ghezeljeh, E. A., Mesgaran, M. D., Moghaddam, H. N., and Vakili, A. 2012. Effect of climate on the *In vitro* first-order ruminal disappearance kinetics of dry matter in grain of semi-arid native barley cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, *7*: *1468-1474.*

Ghiena, C., Schulz, M., Schnabl, H. 1993. Starch degradation and distribution of the starch-degradading enzymes in *Vicia faba* leaves. Plant Physioogy, *101*: *73-79*.

Ghorbani, G.R., and Hadj-Hussaini, A. 2002. *In situ* degradability of Iranian barley grain cultivars. *Small Ruminant Research, 44: 207-212.*

Greathead, H. 2003. Plants and plant extracts for improving animal productivity. Proceedings of the Nutrition Society, *62: 279-290.*

Grings, E.E., Roffler, R.E., and Deitelhoff, D.P. 1992. Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*, *75*: *193-200*.

Grovea, V., Hepton J., PAS, and Hunt C.W., PAS. 2003. Chemical composition and ruminal fermentability of barley grain hulls, and straw as affected by planting date, irrigation level, and variety. *The Professional Animal Scientist, 19: 273–280.*

Harder, H., Khol-Parisini, A., Metzler-Zebeli, B. U., Klevenhusen, F., and Zebeli, Q. 2015. Treatment of grain with organic acids at 2 different dietary phosphorus levels modulates ruminal microbial community structure and fermentation patterns *In vitro*. *Journal of dairy science*, *98*: *8107-8120*.

Harmon, D. L. 2009. Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. *Asian-Austuralian Journal Animal Science*, *22*: *915-922.*

Harmon, D. L., Yamka, R. M., and Elam, N. A. 2004. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian journal of animal science*, *84*: *309-318.*

Hepton, J. 1994. Effect of starch and fiber characteristics of barley on digestion and performance in beef cattle. M.S. Thesis, University of Idaho, Moscow.

Herrera-Saldana, R.E., Huber, J.T., and Poore, M.H. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of live cereal grains. *Journal of Dairy Science, 73: 2386-2393.*

Hindle, V.A., Vuuren van, A.M., Klop A., Mathijssen-Kamman, A.A., vanGelder, A.H., and Cone, J.W. 2005. site and extent of starch degradation in the dairy cow – a comparison between *In vivo*, *In situ* and *In vitro* measurements. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 89: 158–165.*

Hironaka, R., Beauchemin, K.A., and Lysyk, T.J. 1992. The effect of thickness of steam-rolled barley on its utilization by beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science, 72: 279-286.*

Hunt, C.W. 1996. Factors affecting the feeding quality of barley for ruminants. *Animal Feed Science and Technology, 62: 37-48.*

Huntington, G. B., Harmon, D. L., and Richards, C. J. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*, *84*(13_suppl), E14-E24.

Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science, 75: 852-867.*

Hutjens, M. F., and Dann, H. M. 2000. *Grain processing*: is it too coarse or too fine.

Hvelplund, T., Larsen, M., Lund, P., and Weisbjerg, M. R. 2009. Fractional rate of degradation (k_d) of starch in the rumen and its relation to *In vivo* rumen and total digestibility. *South African Journal of Animal Science*, *39*: *133-136*.

Iqbal, S., Terrill, S. J., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Dunn, S. M., Yang, W. Z., and Ametaj, B. N. 2012. Treating barley grain with lactic acid and heat prevented sub-acute ruminal acidosis and increased milk fat content in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *172*: *141-149.*

Iqbal, S., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Bertoni, G., Dunn, S. M., Yang, W. Z., and Ametaj, B. N. 2009. Feeding barley grain steeped in lactic acid modulates rumen fermentation patterns and increases milk fat content in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *92: 6023-6032.*

Jahani-Azizabadi, H., Danesh Mesgaran, M., Valizadeh, R., and Nassiri Moghaddam, H. 2009. Comparison of *In vivo* with *In situ* mobile bag and three step enzymatic procedures to evaluate protein disappearance of alfalfa hay and barley grain. *Iranian Journal of Veterinary Research*, *10*: *260-266*.

Jenkins, P.J., and Donald A.M. 1995. The influence of amylose on starch granule structure. *International Journal of Macromolecule, 17: 315–321.*

Kang, M.Y., Sugimoto, Y., Kato, I., Sakamoto, S., and Fuwa, H. 1985. Some properties of large and small starch granules of barley (*Hordeum vulgare L*) endosperm. *Agricultural and Biological Chemistry, 49: 1291-1297.*

Kano, Y. 1977. A comparison of the amylase content of large and small starch granules from barley and malt. *Bulletin of Brewing Science*, *23:1-8.*

Kaps, M., and Lamberson, W. 2004. *Biostatistics for Animal Science*.CABI Publishing. UK.

Karlsson, M. E., and Eliasson, A. C. 2003. Gelatinization and retrogradation of potato (*Solanum tuberosum*) starch *In situ* as assessed by differential scanning calorimetry (DSC). *LWT-Food Science and Technology, 36*: 735-7*41*.

Karlsson, R., Olered, R., and Eliasson, A.C. 1983. Changes in starch granule size distribution and starch gelatinization properties during development and maturation of wheat, barley and rye. *Starch, 35: 335-340.*

Keeling, P.L., Banisadr, R., Barone, L., Wasserman, B.P., and Singletary, G.W. 1994. Effect of temperature on enzymes in the pathway of starch biosynthesis in developing wheat and maize grain, *Austuralian Journal of Plant Physiology, 21: 807-827.*

Keeling, P.L., Wood, J.R., Huw Tyson, R., and Bridges, I.G. 1988. Starch biosynthesis in developing wheat grain. *Plant Physiology, 87: 311-319.*

Khorasani, G.R., Kennelly, J.J., Nikkhah, A., and Helm, J.H. 1995. *In situ* DM degradation characteristics of grains as influenced by particle size, *Journal of Dairy Scence*, (Suppl. 1), *180* (abstr.).

Kim, E. T., Min, K. S., Kim, C. H., Moon, Y. H., Kim, S. C., and Lee, S. S. 2013. The effect of plant extracts on *In vitro* ruminal fermentation, methanogenesis and methane related microbes in the rumen. *Asian Austrulain Journal of Animal Sciences, 26*: *512-517.*

Knowlton, K. F., Dawson, T. E., Glenn, B. P., Huntington, G. B., and Erdman, R. A. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch 1, 2. *Journal of dairy science, 81*: 3248-3258.

Kotarski, S. F., Waniska, R. D., and Thurn, K. K. 1992. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *The Journal of Nutrition, 122: 178-183.*

Lanzas, C., Fox, D.G., and Pell, A.N. 2007. Digestion kinetics of dried cereal grains. *Animal Feed Science and Technology, 136: 265-280.*

Larsen, M., Lund, P., Weisbjerg, M. R., and Hvelplund, T. 2009. Digestion site of starch from cereals and legumes in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology, 153*: *236-248*.

Laszlo, J. A., and Dintzis, F. R. 1994. Crop resides as ion-exchange materials. treatment of soybean hull and sugar beet fiber (pulp) with epichlorohydrin to improve cation

exchange capacity and physical stability. *Journal of Applied Polymer Science, 52: 531-538.*

Lehman, K.B., Okine, E.K., Mathison, G.W., and Helm, J.H. 1995. *In situ* degradation of barley grain cultivars. *Canadian Journal of Animal Science, 75: 485-487.*

Li, J.H., Vasanthan T., Rossnagel B., and Hoover R. 2001. Starch from hulless barley. II. Thermal, rheological and acid hydrolysis characteristics. *Food Chemistry, 74: 407–415.*

Ljøkjel, K., Harstad, O. M., Prestløkken, E., and Skrede, A. 2003. *In situ* digestibility of starch in barley grain (*Hordeum vulgare*) and peas (*Pisum sativum L*.) in dairy cows: influence of heat treatment and glucose addition. *Animal Feed Science and Technology, 107*: *105-116.*

Ljøkjel, K., Harstad, O. M., Prestløkken, E., and Skrede, A. 2003. *In situ* digestibility of protein in barley grain (*Hordeum vulgare*) and peas (*Pisum sativum L*.) in dairy cows: influence of heat treatment and glucose addition. *Animal Feed Science and Technology, 107*: *87-104.*

López-Soto, M. A., Barreras, A., Calderón-Cortés, J. F., Plascencia, A., Urías-Estrada, J. D., Aguilar-Hernández, J. A., and Zinn, R. A. 2014. Influence of processing of barley grain on characteristics of digestion, ruminal fermentation and digestible energy of diet in lactating cows. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 4: 477-484.*

Lu, T. J., Jane, J.-L., Keeling, P. L., and Singletary, G. W. 1996. Maize starch fine structure affected by ear developmental temperature. *Carbohydrate Research, 282: 157-170.*

Martin, C., and Smith, A.M. 1995. Starch biosynthesis. *The Plant Cell, 7: 971-985.*

Matheson, N. 1996. The chemical structure of amylase and amylopectin fractions of starch from tobacco leaves during development and diurnallynocutunally. *Carbohydrate Research. 282: 247-262.*

Matison, G.W., Hironaka, R., Kerrigan, B.K., Vlach, I., Milligan, L.P., and Weisenburger, R.D. 1991. Rate of starch degradation, apparent digestibility and rate and efficiency of steer gain as influenced by barley grain volume-weight and processing method. *Canadian Journal of Animal Science, 71: 867-878.*

Matison, G.W.1996. Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Anim. Feed Sci. and Tech. 58:113-125.*

Matthé, A., Lebzien, P., Hric, I., Flachowsky, G., and Sommer, A. 2001. Effect of starch application into the proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. *Archives of Animal Nutrition, 55*: *351-369.*

McAllister, T.A., and Cheng K. J. 1996. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. *Animal Feed Science and Technology, 62: 29–36.*

McAllister, T. A., Phillippe, R. C., Rode, L. M., and Cheng, K. J. 1993. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal of animal science, 71*: *205-212.*

McAllister, T. A., and Cheng, K.J. 1992. Effect of formaldehyde treated barley or escape protein on nutrient digestibility growth and carcass traits of feedlot lambs. *Canadian Journal of Animal Science, 72: 309-316.*

McAllister, T.A., Rode, L.M., Major, D.J., Cheng, K.J., and Buchanan-Smith, J.G. 1990b. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Canadian Journal of Animal Science, 70: 571-579.*

McBurney, M. I., Van Soest, P. J., and Chase, L. E. 1983. Cation exchange capacity and buffering capacity of neutral detergent fibres. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 34: 910-916.*

McGregor, A.W., and Fincher, G.B. 1993. Carbohydrates of the barley grain. Barley: Chemistry and Technology. MacGregor, A. W., Bhatty, R. S., eds. AACC. St. Paul, Minnesota. pp: 73-130.

McIntosh, G.H., Whyte, J., McArthur, R., and Nestel, P.J. 1991. Barley and wheat foods: Influence on plasma cholesterol concentrations in hyper cholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition, 53: 1205-1209.*

McLeod, K. R., Baldwin, R., Solomon, M. B., and Baumann, R. G. 2007. Influence of ruminal and post-ruminal carbohydrate infusion on visceral organ mass and adipose tissue accretion in growing beef steers. *Journal of Animal Science, 85: 2256-2270.*

McNiven, M. A., Weisbjerg, M. R., and Hvelplund, T. 1995. Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *Journal of dairy science, 78*: *1106-1115.*

Mehrez, A.Z., and Ørskov E.R. 1977. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Sciences, 88:645-650.*

Menke, K.H., and Steingass H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development, 28: 7-55.*

Menke K.H., Rabb L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., and Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science, 93:374-379.*

Mertens, D.R. 1993. *Rate and extent of digestion. In: Forbes*, J.M., France, J. (Eds.), Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. CAB International, Wallingford, UK, pp: *13–52*.

Mesgaran, M. D., and Stern, M. D. 2005. Ruminal and post-ruminal protein disappearance of various feeds originating from Iranian plant varieties determined by the *In situ* mobile bag technique and alternative methods. *Animal Feed Science and Technology, 118*: *31-46*.

Michalet-Doreau, B., and Champion, M. 1995. Influence of maize genotype on rate of ruminal starch degradation. *Annual Zootechnology, 44(Suppl), 191*.

Mills, J.A.N., France J., and Dijkstra J. 1999. A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for a mechanistic model: 1 dietary starch characterisation and ruminal starch digestion. *Animal Feed Science and Technology, 8: 291–340.*

Moharrery, A. 2007. The determination of buffering capacity of some ruminant's feedstuffs and their cumulative effects on TMR ration. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2: 72-78.*

Morrison, W.R. 1995. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. *Cereal Foods World, 40: 437–446.*

Morrison, W.R., Scott, D.C., and Karkalas, J. 1986. Variation in the composition and physical properties of barley starches. *Starch, 38: 374-379*.

Myllarinen, P. 2002. Starch from granules to novel applications. Dissertation for the degree of Doctor of Food Science in Creal Technology, University of Helsinki.

National Research Council 1996. Nutrient requirements of dairy cattle, 6th, revised edition. National Academy Press, Washington, DC.

National Research Council 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th, revised edition. National Academy Press, Washington, DC.

Nelson, A. 1996. Practical applications of MUN analyses. Bovine Practice, *29: 85–95*.

Nocek, J.E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science, 71, 2051–2069.*

Nocek, J. E., and Russell, J. B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science, 71*: *2070-2107*.

Nocek, J. E., and Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science, 74*: *3598-3629.*

Nordin, M., and Campling R.C. 1976. Digestibility studies with cows given whole and rolled cereal grains. *Animal Production, 23: 305-313.*

Offner, A., and Sauvant D. 2004. Prediction of *in vivo* starch digestion in cattle from in situ data. *Animal Feed Science and Technology, 111: 41–56.*

Offner, A., Bach A., and Sauvant D. 2003. Quantitative review of *In situ* starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology, 106: 81–93.*

Orskov, E.R., 1987. *The Feeding of Ruminants*. Chalcombe Publications, Marlow, pp: 92.

Orskov, E.R., 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science, 63:1624–1633.*

Orskov, E.R., and Greenhalgh J.F.D. 1977. Alkali treatment as a method of processing whole grain for cattle. *Journal of Agricultural Science, Camb, 89: 253-255.*

Orskov, E.R. 1976. The effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. *Proceedings of Nutritional Society, 35 :245-252.*

Orskov, E.R., Soliman, H.S., and Macdearmid, A. 1978. Intake of hay by cattle given supplements of barley subjected to various forms of physical treatment or treatment with alkali. *Journal of Agricultural Science, 90: 611-615.*

Ortega Cerrilla, M. E., Finlayson, H. J., and Armstrong, D. G. 1999. Protection of starch in barley against rumen degradation by glutaraldehyde and formaldehyde as assessed by the dacron bag technique. *Animal Feed Science and Technology, 77*: *83-90*.

Ott, L. 1988. An introduction to statistical methods and data analysis. Third edition. PWS-Kent Publishing Company.

Ovenell-Roy, K.H., Nelson, M.L., Froseth, J.A., Parish, S.M., and Martin, E.L. 1998a. Variation in effects of proanthocyanidins, dehulling and removal of pericarp on digestion of barley grain by ruminal microorganisms. *Journal of Science and Food Agriculture, 79: 929-938.*

Owens, F., and Soderlund, S. 2006. Ruminal and post-ruminal starch digestion by cattle. In *Oklahama State University Cattle Grain Proceedings Symposium MP-177,* Oklahoma City, OK, pp: *116-128*.

Owens, F.N., and Hanson, C.F. 1992. External and internal marker for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science, 75: 2605-2617.*

Owens, F.N., Zinn R.A., and Kim Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science, 63: 1634-1648.*

Palmer, G. H. 1989. Cereal in malting and brewing. In: Palmer, G. H. (ed.). Cereal Science and Technology. Aberdeen Scotland, Aberdeen University Press, pp: *61-242*.

Parker, M.L. 1985.The relationship between A-type and B-type starch granules in the developing endosperm of wheat, *Journal of Cereal Science, 3: 271-278.*

Philippeau, C., Varloud, M., and Julliand, V. 2014. Mobile bag starch prececal disappearance and postprandial glycemic response of four forms of barley in horses. *Journal of Animal Science, 92: 2087-2093*.

Piccioli-Cappelli, F. I. O. R. E. N. Z. O., Loor, J. J., Seal, C. J., Minuti, A., and Trevisi, E. R. 2014. Effect of dietary starch level and high rumen-undegradable protein on endocrine metabolic status, milk yield, and milk composition in dairy cows during early and late lactation. *Journal of Dairy Science, 97*: 7788-7803.

Plascencia, A., and Maria, A. J. 2007. Influence of cracked, coarse grind, or fine grind of corn on digestion and rumen function in steers fed a 73% corn based diet. *Journal of Animal and Veterinary Advance, 6*: *118-122*.

Poehlman, J.M. 1985. *Adaptation and distribution.* Barley, Agronomy Monograph No. 26. Rasmusson, D.C. (ed.), ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin. pp: *1-17*.

Raab, L., Cafantaris, B., Jilg, T., Menke, K.H., 1983. Rumen protein degradation and biosynthesis.1.A new method for determination of protein degradation in rumen fluid *in vitro*. British Journal Nutrition, 50: 569–582.

Reynolds, C. K. 2005. *Glucose balance in cattle*. In Proceedings of the 2005 Florida Ruminant Nutrition Conference, Gainesville, pp: *143-154*.

Reynolds, C.K., Sutton J.D., and Beever D.E. 1997. Effects of feeding starch to dairy cattle on nutrient availability and production. In: Garnsworthy, P.C.,Wiseman, J. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. *105–134*.

Reynolds, W.K., Hunt, C.W.. Eckert, J.W., and Hall, M.H. 1992. Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy. Proceedings West Section American Society of Animal Science, *43: 498-501*.

Richards, C. J., Branco, A. F., Bohnert, D. W., Huntington, G. B., Macari, M., and Harmon, D. L. 2002. Intestinal starch disappearance increased in steers abomasally infused with starch and protein. *Journal of Animal Science, 80*: *3361-3368*.

Robinson, P.H. and J. J. Kennelly. 1988. Influence of ammoniation of high moisture barley on its *In situ* rumen degradation and influence on rumen fermentation in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science, 68: 839-851*.

Rowe, J. B., M. Choct, and D. W. Pethick, 1999. Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research, 50: 721-736*.

Sadeghi, A.A. and Shawrang, P. 2008. Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. *Animal Feed Science and Technology, 141:184–194.*

Sanchez-Zapata, E., Viuda-Martos, M., Fernandez-Lopez, J. and Perez-Alvarez, J.A. 2015. Resistant Starch as Functional Ingredient. Polysaccharides: *Bioactivity and Biotechnology, 1911-1931.*

SAS Institute. 2002. *Statistical Analysis System*.User's Guide:Statistics,Version9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Schlau, N., Duineveld, L., Yang, W. Z., McAllister, T. A., and Oba, M. 2013. Precision processing barley grain did not affect productivity of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science, 93*: *261-268.*

Shannon, J.C., and Garwood, D.L. 1984. Genetics and physiology of starch development. In: Whistler, R. L., BeMiller, J.N., Paschall, E.F. (eds.) starch: Chemistry and Technology. Academic Press, Inc. Orlando, San Diego, New York, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo, pp: *25-86*.

Shivus, B., Uhlen A.K., and Harstad O.M. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology, 122: 303–320.*

Shivus, B., and Gullord M. 2002. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Animal Feed Science and Technology, 102: 71-92.*

Singh, J., Dartois, A., and Kaur, L. 2010. Starch digestibility in food matrix: a review. Trends in *Food Science and Technology, 21: 168-180.*

Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., and Russel, 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.*

Southgate, D.A.T. 1976. *Determination of Food Carbohydrates,* Applied Science Publishers Ltd., London, pp: *108-109.*

Steiner, T., Bornholdt, U., Sauer, W. C., Ahrens, F., Jørgensen, H., and Mosenthin, R. 2011. Use of the mobile nylon bag technique for determination of apparent ileal digestibilities of crude protein and amino acids in feedstuffs for pigs. *Czech Journal of Animal Science, 56*: *451-464.*

Stern, M.D., Bach, A., and Calsamiglia, S. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal of Animal Science, 75: 2256–2276.*

Sveinbjornsson, J., Murphy M., and Uden P. 1997. *In vitro* evaluation of starch degradation from feeds with or without various heat treatments. *Animal Feed Science and Technology, 132: 171–185.*

Taghizadeh, A., Danesh Mesgaran, M., Valizadeh, R., Eftekhar Shahroodi, F., and Stanford, K., 2005. Digestion of food amino acids in the rumen and intestine of steers measured using a mobile nylon bag technique, *Journal of Dairy Science, 88:1807-1814.*

Taniguchi, K., Sunada, Y., Obistu, T., 1993. Starch digestion in the small intestine of sheep sustained by intragastric infusion without protein supply. *Animal Science and Technology of Japanies. 64: 892–902.*

Taniguchi, K., Huntington, G.B., Glenn, B.P., 1995. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. *Journal of Animal Science, 73: 236-249.*

Tester, R. F., and Karkalas, J. 2001. The effect of environmental conditions on the structural features and physico-chemical properties of starches. *Starch, 53: 513–519.*

Theurer, C. B.1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science, 63: 1649-1662.*

Thomas, V.M., and Arnzen J. 1983. Effect of hydroxide treatment of barley grain on *in situ* dry matter disappearance. *Nutrition and Reproduction International, 27: 733–736.*

Throckmorton, J. C., and Leng, R. A. 1984. Effect of bypass protein or bypass starch on milk yield and body weight gain in grazing dairy cows. In Proceedings of the *Austrulian Society of Animal Production, pp: 628-630.*

Tilley, J.M.A., and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in-vitro digestion of forage crops. *Journal British Grassland and Socity 18, 104–111*.

Uden, P., Para, R., and Van Soest, P.J. 1974. Factors influencing reliability of the nylon bag technique. *Journal of Dairy Science, 57: 655-662.*

Van Keulen, J., and Young B. A. 1977. Evalution of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies, *Journal of Animal Science, 44: 282-287.*

Van Soest, P.J., Robertson J.B., and 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.*

Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Anim Science, 26: 119-128.*

Waldo, D.R. 1973. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *Journal of Animal Science, 37: 1062-1074.*

Waldo, D.R., Smith, L.W. and Cox, E.L., 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science, 55: 125-129.*

Wallace, R. J. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Proceedings of the Nutrition Society, 63: 621-629.

Wallace, R. J., McEwan, N. R., McIntosh, F. M., Teferedegne, B., and Newbold, C. J. 2002. Natural products as manipulators of rumen fermentation. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 15: 1458-1468.*

Watson, S.A. 1987. *Structure and composition. Corn: Chemistry and Technology*. Watson, S.A., Ramstad, P.E., eds. Am. Assoc. Cereal Chem: St. Paul, Minnesota. pp: *53-82*.

Weatherburn, M. W. 1967. Phenol hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry, 39: 971-974*.

Wong, J. M., and Jenkins, D. J. 2007. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. *The Journal of Nutrition, 137*: *2539-2546*.

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: 111-130.*

Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., and Rode, L. M. 2000. Effects of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. *Journal of Dairy Science, 83*: *554-568.*

Yang,W.Z., Beauchemin, K.A., Farr, B.I., and Rode, L.M. 1997. Comparison of barley, hull-less barley, and corn in the concentrate of dairy cows. *Journal of Dairy Science, 80: 2885–2895.*

Yu, P., Meier, J.A., Christensen, D.A., Rossnagel, B.G., and McKinnon, J.J. 2003. Using the NRC-2001 model and the DVE/OEB system to evaluate nutritive values of Harrington (malting-type) and Valier (feed-type) barley for ruminants. *Animal Feed Science and Technology, 107: 45-60.*

Zia-ur-Rehman, and Shah, W.H. 2004. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. *Food Chemistry (UK), 87: 613-617.*

Zinn, R. A., Barreras, A., Corona, L., Owens, F. N., and Ware, R. A. 2007. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *Journal of Animal Science, 85*: *1727-1730.*

فهرست اسامی

اسامی فارسی	اسامی لاتین	اسامی فارسی	اسامی لاتین
عبدی	Abdi	کرو	Crowe
آکربرک	Akerberg	چن	Chen
آلن	Allen	کومبز	Combs
اندرسون	Anderson	کلوکسن	Clokeson
آنتونیویچ	Antoniewicz	کومبز	Combs
آرنت	Arendt	کان	Cone
آرکوی	Arroquy	کوستا	Costa
آسائوکا	Asaoka	کولس	Cowles
اشتنباخ	Aschenbach	کرو	Crowe
بیکر	Baker	دکارت	Deckardt
بال	Ball	دپترز	DePeters
باتاجو	Battajo	دمتروا	Demeterova
بوچمین	Beauchemin	دی جکسترا	Dijkstra
بچتل	Bechtel	دورن بوس	Doornbos
بجورک	Bjorck	دهقان بنادکی	Dehghan-Banadaky
برودریک	Brodrick	انگستروم	Engsterom
بوبین–دوبیگئون	Bobin-Dubigeon	فیمز	Fiems
بوس	Boss	فوی	Foley
بومن	Bowman	فاکس	Fox
برادشو	Bradshaw	فرانس	Fredin
برودریک	Broderick	فاراج	Faraj
بروکنتال	Bruckental	فراریتو	Ferraretto
بولئون	Buleon	گالانت	Gallant
باسکت	Busquet	گالین	Galean
کبریتا	Cabrita	جورینگ	Georring
کمپ بل	Campbell	قزلجه	Ghezeljeh
کمپلینک	Campling	قینا	Ghiena
سریلا	Cerilla	قربانی	Ghorbani
چن	Chen	گریت هد	Greathead
کلاسن	Classon	گرینگز	Grings

McAlister	مک آلیستر	Grovea	گرویا
McBurney	مک بورنی	Harder	هاردر
McGregor	مک گرگور	Harmon	هارمون
McIntosh	مک اینتاش	Heplund	هپلاند
McLeod	مک لئود	Hepton	هپتون
McNiven	مک نیون	Herrera-saldna	هررا–سالدنا
Mehrez	مهرز	Hindle	هیندل
Menke	منک	Hironaka	هیروناکا
Mertens	مرتنز	Hunt	هانت
Mesgaran	مسگران	Huntington	هانتینگتون
Michalet-Doreau	میچالت – دوریو	Hutjens	هاتجنز
Mills	مایلز	Iqbal	ایکبال
Moharrery	محرری	Jahani-Azizabadi	جهانی عزیز آبادی
Morrison	موریسون	Jenkins	جنکینز
Myllarinen	میلارینین	Kang	کانگ
Nelson	نلسون	Kano	کانو
Nocek	نوسک	Kaps	کمپس
Nordin	نوردین	karlsson	کارلسون
Offner	آفنر	Keeling	کیلینگ
Orskov	ارسکوف	Khorasani	خراسانی
Ortega cerrilla	اورتگا سریلا	Kim	کیم
Ott	آت	Knowlton	نولتون
Ovenell-Roy	اونل– روی	Kotarski	کوتارسکی
Owens	آونز	Lanzas	لانزاس
Palmer	پالمر	Larsen	لارسن
Parker	پارکر	Laszlo	لازلو
Philippeau	فلیپ پا	Lehman	لهمان
Piccioli-Cappelli	پیکویلی–کاپیئلی	Li	لی
Plascencia	پلاسنشیا	Ljokjel	لجوکجل
Poelman	پوئل من	Lopez-soto	لوپز– سوتو
Raab	رآب	Lu	لو
Reynolds	رینولدز	Martin	مارتین
Richards	ریچاردز	Matheson	ماتسون
Robinson	رابینسون	Matison	ماتیسون
Rowe	راو	Matthe	متی

Russell	راسل	Thomas	توماس
Sadeghi	صادقی	Throckmorton	تروک مورتون
Sanchez-Zapata	سانچز–زاپاتا	Tilley	تیلی
Schlau	شلو	Terry	تری
Shanon	شانون	Uden	یودن
Shawrang	شورنگ	Vankeulen	ون کولن
Shivus	شایوز	Vansoest	ون سوست
Singh	سینگ	Waldo	والدو
Sniffen	اسنیفن	Wallace	والاس
Southgate	ساوت قیت	Watson	واتسون
Steiner	استینر	Weatherburn	ویدربرن
Sveinbjornsson	اسوین بجورنسون	Wong	وانگ
Taghizadeh	تقی زاده	Woods	وودز
Tamminga	تامینگا	Yang	یانگ
Taniguchi	تانی گیوچی	Yu	یو
Tester	تستر	Zia-ur-Rehman	ضیاالرحمان
Theurer	تئورر	Zinn	زین

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of various methods of chemical treating of barley grain using alkaline compounds or plant extracts with high cation exchange capacity on the chemical composition and kinetics of digestibility of dry matter, starch, and crude protein, as well as the combined effect of bypass starch to It, was accompanied by a bypass protein on the characteristics of the production of Holstein dairy cows. In this study, barley grain was treated using chemical compounds including liquid ammonia, sodium hydroxide, alum, and plant extracts with high cation exchange capacity such as alfalfa hay, sugar beet pulp, and seaweed. The treatments with seaweed extract in Nusrat variety had a significant effect on both crude protein and starch content ($p<0.05$), and sugar beet pulp extract in this variety showed a significant increase ($p<0.05$) in starch and ash content. In a batch culture experiment, experimental treatments were cultured in a culture medium at 4, 8, 12, 16, 24, 48 hours at 39 °C using buffered ruminal fluid and constant rate of digestion using a nonlinear model of the first order were measured. In this experiment, the constant rate of digestion of protein in barley grain treating with alkaline compounds was significantly ($p<0.05$) higher than that of plant extracts. The constant rate of digestion in Nusrat variety was significant in barley grain treated with alkaline compounds compared to plant extracts at the statistical level ($p<0.05$). Results of mobile nylon bags experiment indicated that barley grain treating with alkaline compounds compared to plant extracts was significant on post-rumen starch disappearance ($p<0.05$). The effect of various chemical treating of barley grain on post-rumen starch disappearance was significant at the statistical level ($p<0.05$) and the effect of different barley chemical treatments on the total tract disappearance of starch were significantly higher than the control group at the statistical level ($p<0.05$). In the *in vivo* experiment, the effects of dietary barley grain treated with sugar beet pulp or alum on the production characteristics and blood responses of Holstein dairy cows were studied. The results showed a significant difference ($p<0.05$) between feed intake and milk compositions yield. The effect of different treatments on milk production and blood parameters, except plasma concentrations of glucose and urea that were significant at 4 and 6 hours after feeding, and other blood metabolites were not significant. Among the rumen parameters,the only molar concentration of propionate and ammonia nitrogen were significant ($p<0.05$) between treatments. Therefore, it can be concluded that alkaline compounds and plant extracts may have a positive effect on the degradability of barley grain starch. In addition, barley grain treating with sugar beet pulp extract and alum can possibly change the extent and site of digestion of starch.

Keywords: Barley grain, Bypass protein, Starch, Cation exchange capacity,Chemical treating.

Ferdowsi University of Mashhad
Faculty of Agriculture

Ph.D. Dissertation

In Vitro Effect of Barley Grain Processing with Chemical Compounds or Plant Extract with Cation Exchange Potential on Starch Digestibility and its Joint Effect on Productive Responses of Holstein Lactating Cow

Reza Naseroleslami

Supervisors

Prof. Mohsen Danesh Mesgaran
Prof. Abdolmansour Tahmasbi

Advisors

Dr.Seyed Alireza Vakili
Dr.Seyed Hadi Ebrahimi

December 2017