دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده علوم دامی

پایان‌نامه برای اخذ مدرک کارشناسی ارشد (M.Sc)

علوم دامی- غذا و تغذیه دام

عنوان:

بررسی اثرات فرآوری شیمیایی جو بر تجزیه‌پذیری و ویژگی‌های کربوهیدرات و پروتئین با مدل CNCPS در نشخوارکنندگان

پژوهش و نگارش:
محسن سمیعی زفرقندی

استاد راهنما:
تقی قورچی

تیر ۸۸

بسم الله الرحمن الرحیم

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، تعیین اثرات عمل‌آوری جو پوشینه‌دار و بدون‌پوشینه با سود، فرمالدئید و اوره به روش کیسه‌های نایلونی در شکمبه بر روی ماده‌خشک، پروتئین‌خام، فیبر شوینده‌خنثی و نشاسته و همچنین تعیین این اثرات بر بخشهای پروتئین و کربوهیدرات مدل CNCPS، می‌باشد. برای عمل‌آوری دانه جو از سود، فرمالدئید و اوره، به‌ترتیب به‌مقدار ۳۵، ٤ و ۳۵ گرم در کیلوگرم ماده‌خشک مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از سه راس قوچ بالغ (یکساله) نژاد زل مجهز به کانولای شکمبه‌ای برای محاسبه میزان ناپدیدشدن ماده‌خشک، نشاسته، پروتئین و دیواره‌سلولی نمونه‌های مورد آزمایش استفاده شد. زمانهای ماندگاری کیسه‌های نایلونی مورد استفاده به ترتیب صفر، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۲٤و ٤۸ ساعت بودند. برای محاسبه بخشهای کربوهیدرات و پروتئین CNCPS فراسنجه‌های آن نیز اندازه‌گیری شدند. نتایج آنالیز آماری ماده‌خشک، فیبر شوینده خنثی، نشاسته و پروتئین، نشان داد که اثرمتقابل برای بیشتر صفات (فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر در سرعتهای مختلف) معنی‌دار می‌باشد. یافته‌های بخش ناپدیدشدن شکمبه‌ای این پژوهش نشان دادند که عمل‌آوری با سود و فرمالدئید ماده‌خشک، پروتئین‌خام و نشاسته با کاهش هضم شکمبه‌ای، نتایج بهتری را نسبت به عمل‌آوری با اوره و بدون عمل‌آوری در بر دارند. فیبر شوینده خنثی نیز تحت تاثیر عمل‌آوری با سود، اثر بیشتری بر تجزیه شکمبه‌ای آن دارد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که تجزیه‌پذیری نشاسته رقم پوشینه‌دار کمتر از رقم بدون‌پوشینه است. به همین ترتیب بخش‌های کربوهیدرات و پروتئین CNCPS جو نیز تحت فرآوری شیمیایی قرار دارند. هر سه عمل‌آوری نسبت به شاهد (بدون عمل‌آوری) در کاهش بخش‌هایی که با سرعت بالایی تجزیه می‌شوند، مانند A و B1 موثرند ($P<۰/۰۵$). بخش C یا فیبر غیرقابل هضم در جو پوشینه‌دار بدون عمل‌آوری بیشترین مقدار (۱/۰۰ درصد) بود درحالی‌که با جو پوشینه‌دار با عمل‌آوری فرمالدئید و اوره، تفاوت معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین عمل‌آوری جو پوشینه‌دار و بدون‌پوشینه با فرمالدئید و بعد از آن عمل‌آوری جو پوشینه‌دار با سود، تاثیر معنی‌داری در کاهش بخش C پروتئین داشتند ($P<۰/۰۵$). بنابراین نتایج بخشهای CNCPS و ناپدیدشدن شکمبه‌ای این پژوهش نمایانگر اثرات بهتر عمل‌آوری با سود و فرمالدئید نسبت به عمل‌آوری با اوره و بدون عمل‌آوری می‌باشند.

کلمات کلیدی: جو، فرآوری شیمیایی، CNCPS، ناپدیدشدن شکمبه‌ای.

فهرست

۱- مقدمه ۱

۲- بررسی منابع ٤
۲-۱- جو ٤
۲-۱-۱- مقاومت گیاه جو ٤
۲-۱-۲- تولید ٤
۲-۱-۳- ترکیب دانه ٥
۲-۱-٤- موارد استفاده ٦
۲-۲- فرآوری و اثرات آن بر روی دانه جو ۷
۲-۲-۱- عوامل موثر بر پاسخ (تولید) دام به فرآوری دانه جو ۸
۲-۲-۲- فرآوری شیمیایی و اثرات آن ۸
۲-۲-۲-۱- هیدروکسیدسدیم ۹
۲-۲-۲-۲- اوره ۱۰
۲-۲-۲-۳- فرمالدئید ۱۰
۲-۳- اندازه‌گیری ناپدیدشدن با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی ۱۱
۲-۳-۱- اهمیت تعیین ناپدیدشدن مواد خوراکی ۱۳
۲-۳-۲- عوامل موثر بر میزان ناپدیدشدن به روش کیسه‌های نایلونی ۱۳
۲-٤- ناپدیدشدن ماده‌خشک در نشخوارکنندگان ۱٤
۲-٤-۱- ناپدیدشدن ماده‌خشک و فیبر ۱٤
۲-٤-۱-۱- عوامل موثر بر ناپدیدشدن ماده‌خشک و فیبر غلات ۱٤
۲-٤-۱-۱-۱- گونه غلات ۱٤
۲-٤-۱-۱-۲- واریته غلات ۱٤
۲-٤-۲- فرآوری جو و اثرات آن بر تجزیه نشاسته در نشخوارکنندگان ۱٦
۲-٥- سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل (CNCPS) ۱۸
۲-٥-۱- کاربردهای CNCPS ۱۹
۲-٥-۲- چند نکته مهم در مورد CNCPS ۲۰
۲-٥-۳- دلایل برتری CNCPS نسبت به سیستم جیره‌نویسی شورای تحقیقات ملی آمریکا ۲۰
۲-٥-٤- تقسیم بندی پروتئین و کربوهیدرات در CNCPS ۲۳
۲-٥-٤-۱- نسخه قدیمی و پیشرفته پروتئین CNCPS ۲۳
۲-٥-٤-۱- نسخه قدیمی بخشهای کربوهیدرات CNCPS ۲٤
۲-٥-٤-۲- نسخه جدید بخشهای کربوهیدرات CNCPS ۲٥
۲-٥-٤-۲-۱- کاربردهای نسخه پیشرفته CHO ۲۸

۲-۵-٤-۲-۱-۱- مکمل‌سازی سیلوها ۲۸
۲-۵-٤-۲-۱-۲- متعادل کردن NFC ۲۹

۳- مواد و روشها ۳۰
۳-۱- انتخاب ماده آزمایشی ۳۰
۳-۲- عمل‌آوری جو ۳۰
۳-۳- اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری به روش کیسه‌های نایلونی (*In situ*) ۳۱
۳-۳-۱- زمان و محل انجام آزمایش ۳۱
۳-۳-۲- دامهای مورد آزمایش ۳۱
۳-۳-۳- فیستول‌گذاری ۳۱
۳-۳-٤- تغذیه دامها ۳۲
۳-۳-۵- کیسه‌های نایلونی ۳۲
۳-۳-٦- اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری بر روی گوسفند ۳۲
۳-۳-۷- محاسبه درصد ناپدیدشدن ۳۳
۳-۳-۸- ناپدیدشدن موثر ۳٤
۳-٤- اندازه‌گیری فراسنجه‌های پروتئین CNCPS ۳٤
۳-٤-۱- اندازه‌گیری NPN (نیتروژن غیرپروتئینی) ۳٤
۳-٤-۱-۱- وسایل آزمایشگاهی لازم ۳٤
۳-٤-۱-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۳٤
۳-٤-۱-۳- روش آزمایش ۳۵
۳-٤-۲- اندازه‌گیری نیتروژن و پروتئین محلول (SP) ۳۵
۳-٤-۲-۱- وسایل آزمایشگاهی لازم ۳۵
۳-٤-۲-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۳۵
۳-٤-۲-۳- روش آزمایش ۳٦
۳-٤-۳- اندازه‌گیری نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN) ۳٦
۳-٤-۳-۱- وسایل آزمایشگاهی لازم ۳٦
۳-٤-۳-۲- مواد شیمیایی لازم ۳٦
۳-٤-۳-۳- روش آزمایش ۳٦
۳-٤-٤- اندازه‌گیری نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی (NDIN) ۳۷
۳-٤-٤-۱- روش آزمایش ۳۷
۳-٤-٤-۲- تعیین مقدار پروتئین B2 ..... ۳۷
۳-۵- اندازه‌گیری فراسنجه‌های کربوهیدرات CNCPS ۳۷
۳-۵-۱- اندازه‌گیری ماده‌خشک ۳۷

۳-۵-۱-۱- وسایل مورد نیاز ۳۷
۳-۵-۱-۲- روش آزمایش ۳۷
۳-۵-۲- اندازه‌گیری خاکستر (Ash) ۳۸
۳-۵-۲-۱- وسایل مورد نیاز ۳۸
۳-۵-۲-۲- روش آزمایش ۳۸
۳-۵-۳- اندازه‌گیری پروتئین‌خام ۳۸
۳-۵-۳-۱- وسایل مورد نیاز ۳۸
۳-۵-۳-۲- مواد شیمیایی لازم ۳۹
۳-۵-۳-۳- روش آزمایش ۳۹
۳-۵-٤- اندازه‌گیری چربی (عصاره اتری) ۳۹
۳-۵-٤-۱- وسایل مورد نیاز ۳۹
۳-۵-٤-۲- مواد شیمیایی لازم ٤۰
۳-۵-٤-۳- روش آزمایش ٤۰
۳-۵-۵- اندازه‌گیری دیواره سلولی (NDF) ٤۰
۳-۵-۵-۱- وسایل مورد نیاز ٤۱
۳-۵-۵-۲- مواد شیمیایی مورد نیاز ٤۱
۳-۵-۵-۳- روش تهیه محلول شوینده خنثی ٤۱
۳-۵-۵-٤- روش آزمایش ٤۱
۳-۵-٦- اندازه‌گیری لیگنین ٤۲
۳-۵-٦-۱- وسایل مورد نیاز ٤۲
۳-۵-٦-۲- مواد شیمیایی مورد نیاز ٤۲
۳-۵-٦-۳- روش آزمایش ٤۲
۳-۵-۷- اندازه‌گیری قندها ٤۳
۳-۵-۷-۱- وسایل مورد نیاز ٤۳
۳-۵-۷-۲- مواد شیمیایی مورد نیاز ٤۳
۳-۵-۷-۳- روش آزمایش ٤۳
۳-۵-۸- اندازه‌گیری نشاسته ٤٤
۳-۵-۸-۱- وسایل مورد نیاز ٤٤
۳-۵-۸-۲- مواد شیمیایی مورد نیاز ٤٤
۳-۵-۸-۳- روش آزمایش ٤٤
۳-٦- اندازه‌گیری دیواره‌سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) ٤۵
۳-٦-۱- روش تهیه محلول شوینده اسیدی ٤۵
۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها ٤٦

٤- نتایج و بحث ٤٧
٤-١- فراسنجه‌های CNCPS ٤٧
٤-١-١- فراسنجه‌های کربوهیدرات CNCPS ٤٧
٤-١-٢- اجزاء کربوهیدرات CNCPS ٤٧
٤-١-١- فراسنجه‌های پروتئین CNCPS ٤٨
٤-١-٤- اجزاء پروتئین CNCPS ٥٠
٤-٢- اثرات فرآوری شیمیایی بر ناپدیدشدن ترکیبات جو ٥٢
٤-٢-١- ناپدیدشدن ماده‌خشک ٥٢
٤-٢-١-١- تجزیه‌پذیری موثر ماده‌خشک ٥٣
٤-٢-٢- تجزیه‌پذیری فیبر شوینده‌خنثی (دیواره‌سلولی) ٥٤
٤-٢-٢-١- تجزیه‌پذیری موثر فیبر شوینده‌خنثی (دیواره‌سلولی) ٥٤
٤-٢-٣- تجزیه‌پذیری نشاسته ٥٦
٤-٢-٣-١- تجزیه‌پذیری موثر نشاسته ٥٦
٤-٢-٤- تجزیه‌پذیری پروتئین ٥٧
٤-٢-٤-١- تجزیه‌پذیری موثر پروتئین‌خام ٥٩
٤-٣- اثر رقم ٥٩
٤-٤- اثر فرآوری ٦٠
٤-٤-١- اوره ٦٠
٤-٤-٢- فرمالدئید ٦٠
٤-٤-٣- سود ٦١
نتیجه‌گیری ٦١
پیشنهادات ٦٢
فهرست منابع ٦٣

۱- مقدمه

جو در بیشتر مناطق دنیا و شرایط محیطی مختلف، رشد می‌کند اما با آب و هوای سرد و خشک سازگاری بیشتری دارد (پلمن، ۱۹۸۵). در میان غلات جو بیشترین سازگاری محیطی را داشته و عموما در شرایط محیطی‌ای که دیگر غلات به‌ندرت می‌توانند رشد کنند، به خوبی رشد می‌کند.

جو در میان غلات رتبه چهارم از نظر تولید در جهان را داراست. ترکیبات متغیر جو، آن را مناسب استفاده برای خوراک دام، مالت و غذای انسان می‌سازد. درسرتاسر جهان، جو غالبا برای خوراک دام (۷۰ درصد)، ۲۰ درصد برای مالت و تنها ۵ درصد برای تغذیه انسان و ۵ درصد باقیمانده در موارد دیگر مصرف می‌شود (وانگ، ۲۰۰۵b).

نشاسته جو با تجزیه آنزیمی به آسانی قابل دسترس بوده و در نتیجه انرژی لازم برای رشد را به آسانی تامین می‌کند. با این حال لازم است تا در تغذیه جو به نشخوارکنندگان، مدیریت شود. تجزیه سریع نشاسته می‌تواند منجر به بروز اختلالاتی همچون اسیدوز، پاراکراتوزیس، تورم شکمبه، آبسه‌های کبدی و نفخ شود (ارسکوف، ۱۹۸٦).

فرآوری جو، نشاسته بیشتری را در دسترس میکروبها قرار داده و باعث افزایش نسبت و میزان تجزیه نشاسته در شکمبه می‌شود. عمل‌آوری شیمیایی با هیدروکسیدسدیم یا اوره و آمونیاک، اثری مشابه با غلتک زدن و یا شکستن دانه جو دارد، به‌طوریکه این امر باعث دسترسی میکروبهای شکمبه و آنزیمهای گوارشی به بافتهای زیر پوسته دانه جو می‌شود (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦). فرآوری فیزیکی ملایم و ترکیب شده با عمل‌آوری با فرمالدئید، شاید روشی موثر برای تغییر در نرخ تجزیه نشاسته در شکمبه بدون تاثیر بر قابلیت هضم کلی دستگاه گوارش باشد (مک آلیستر و همکاران[1]، ۱۹۹۰a).

روشهای زیادی برای تخمین تجزیه‌پذیری یا هضم وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان ارزش غذایی خوراک را پیش‌بینی نمود. بعضی از روشهای آزمایش موجود، مانند روش ابداعی تیلی و تری (۱۹٦۳)، روش ابداعی منک و همکاران (۱۹۷۹) با استفاده از مایع شکمبه و بعضی روشهای دیگر بدون استفاده از مایع شکمبه، با

1- McAllister et al.

استفاده از آنزیمها امکان ارزیابی تخمیر شکمبه‌ای را فراهم ساخته‌اند. با به‌کارگیری این روشها می‌توان برآورد نزدیکی از روند قابلیت هضم بالقوه خوراک به دست آورد (والنتین و همکاران، ۱۹۹۹).

نسل دوم این این روشها برای تخمین تجزیه به همراه حرکت مواد خوراکی در شکمبه- نگاری می‌باشد. مفهوم کینتیک که دربرگیرنده سرعت هضم و زمان باقی‌ماندن مواد خوراکی در شکمبه است، اولین بار توسط بلاکستر و همکاران (۱۹۵٦) معرفی گردید. بررسی کینتیک هضم با اندازه‌گیری میزان تجزیه‌پذیری نمونه‌های خوراک قرار داده شده در کیسه‌های نایلونی که در داخل شکمبه قرار می‌گیرند و یا با استفاده از فن تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی امکان‌پذیر است. امروزه این روشها به‌طور وسیع برای ارزیابی میزان پروتئین و انرژی خوراک مورد استفاده نشخوارکنندگان، پیش‌بینی مقدار خوراک مصرفی و همچنین بررسی امکان بروز اختلالات گوارش در شکمبه استفاده می‌شوند (منصوری و همکاران، ۱۳۸۲).

از آنجایی که روش کیسه‌های نایلونی با قراردادن مواد خوراکی در شکمبه دام، امکان مجاورت نزدیک خوراک مورد آزمایش را با محیط طبیعی تخمیر میسر می‌سازد، شاید بتوان گفت که روشی بهتر از آن برای تقلید از محیط شکمبه (از نظر درجه حرارت، pH، بافر و آنزیمها) وجود ندارد. با این حال این روش نیز دارای معایبی از قبیل اندازه قطر منافذ کیسه (ویرک و پرادهان، ۱۹۹۲)، تفاوت ترکیب جمعیت میکروبی داخل و خارج کیسه، نسبت وزن نمونه به مساحت کیسه (میلی‌گرم در هر سانتی‌متر مربع)، اندازه ذرات نمونه خوراک، و آلوده شدن مواد باقیمانده درون کیسه با اجساد میکروارگانیسمهای شکمبه می‌باشند که می‌توانند تفسیر نتایج این روش را تحت تاثیر قرار دهند (منصوری و همکاران، ۱۳۸۲).

ناپدیدشدن ماده‌خشک[1] (DMD) به‌صورت نرخ شدت تجزیه خوراک در شکمبه تعریف می‌شود (ارسکوف و همکاران، ۱۹٦۹؛ مهرز و همکاران، ۱۹۷۷). اندازه‌گیری ناپدیدشدن ماده‌خشک روش مناسبی برای بهینه‌سازی تغذیه به‌ویژه در جیره‌های پرغله که حاوی انرژی قابل دسترس بالایی‌اند، می‌باشد. تغذیه نشخوارکنندگان با کنسانتره پرغله، منجر به اختلالاتی همچون اسیدوز، نفخ و آبسه‌های کبدی می‌شود (گالین و ریورا، ۲۰۰۳). ناپدیدشدن ماده‌خشک غلات وابسته به عوامل متعددی همچون ترکیب خوراک، تعداد دفعات خوراک‌دهی، عوامل مکانیکی و شیمیایی خوراک و سازگاری میکروارگانیسمهای شکمبه است (هانتینگتون، ۱۹۹۷). گونه‌های غلات در ناپدیدشدن ماده‌خشک و ارتباطشان با هضم نشاسته در شکمبه متفاوت می‌باشند. ارسکوف (۱۹۸٦) در چندین تحقیق نتیجه گرفت که حداقل ۹۰ درصد نشاسته گندم و جو در شکمبه تخمیر می‌شود درحالی‌که این مقدار برای ذرت ٦۰ درصد می‌باشد که این نرخ کمتر هضم در ذرت به بروز اختلالات گوارشی ترجیح داده می‌شود (ارسکوف، ۱۹۸٦).

ازطرفی اختلاف در ناپدیدشدن ماده‌خشک در میان انواع هر غله نیز رخ می‌دهد. پیوستن میکروبها به ذرات خوراک برای تخمیر شکمبه‌ای امری ضروری است (مک آلیستر وهمکاران، ۱۹۹٤). اندازه ذرات خوراک نیز میزان ناپدیدشدن اولیه را به دلیل اختلاف در مقدار سطح به حجم تحت تاثیر قرار می‌دهد، به‌طوریکه ذرات بزرگتر به دلیل داشتن سطح کمتر برای حمله میکروبی، آهسته‌تر تجزیه می‌شوند.

سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل[2] (CNCPS) با درنظرگرفتن اصول پایه‌ای همچون عملکرد شکمبه، رشد میکروبی، هضم خوراک، عبور خوراک و فیزیولوژی حیوان، قادر به پیش‌بینی نیازهای حیوان به مواد

1- Dry Matter Disappearance
2- The Cornell Net Carbohydrate and Protein System

مغذی، میزان بهره‌برداری از خوراک و میزان دفع مواد مغذی در شرایط تولید می‌باشد که این پیش‌بینی‌ها متخصصان تغذیه را در تشخیص مناسب‌ترین نحوه تنظیم جیره از نظر اقتصادی و محیط زیست یاری می‌نماید.

همچنین CNCPS به عنوان یک ابزار مدیریتی جهت بهینه‌سازی استفاده از خوراک‌هایی که در داخل خود مزرعه تولید می‌شوند و کاهش نیاز برای خرید مکمل‌های غذایی، بهبود اندازه گله و در جمع کاهش هزینه‌های سالیانه مواد خوراکی در اختیار دامدار قرار می‌گیرد (فاکس و همکاران، ۲۰۰٤).

CNCPS اولین بار در سال ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ در سری های ٤ نسخه‌ای منتشر شد. ولی در طی ١٦ سال گذشته کامل‌تر و دقیق‌تر شده است.

برای تنظیم جیره با CNCPS، اطلاعات در مورد حیوان، خوراک و شرایط مدیریتی و محیطی مورد نیاز هستند. دو محدودیت در توسعه مدل وجود دارد: اول آنکه داده‌ها بایستی به طور معمول در اکثر مزارع قابل دسترس باشند و دوم آنکه به‌کاربردن توصیه‌های CNCPS نباید خطرات اقتصادی یا اثرات معکوس بر روی تولید حیوان داشته باشد (فاکس و همکاران، ۲۰۰٤).

CNCPS دارای مدل‌های متفاوت می‌باشد که بر اساس شرایط فیزیولوژیکی به شانزده بخش تقسیم می‌شوند (تایلوتکی و همکاران، ۲۰۰۸) که عبارتند از:

۱- احتیاجات نگهداری ۲- احتیاجات رشد ۳- احتیاجات آبستنی ٤- احتیاجات شیردهی ٥- ذخایر بدن ٦- احتیاجات اسیدهای‌آمینه ۷- مصرف ماده‌خشک و ترکیب آن ۸- pH شکمبه‌ای ۹- رشد میکروبی ۱۰- تخمیر شکمبه‌ای ۱۱- هضم‌روده‌ای و پیش‌بینی مقادیر انرژی خوراک ۱۲- متابولیسم ۱۳- دفع مواد ١٤- جذب اسیدهای‌چرب ١٥- سطوح ۱ و ۲ برای پیش‌بینی تامین انرژی و پروتئین ١٦- نرخ عبور و تقسیم‌بندی کربوهیدرات و پروتئین

اگر روند افزایش هزینه فرآوری فیزیکی خوراک دام ادامه داشته باشد، عمل‌آوری شیمیایی دانه جو می‌تواند در آینده قابل توجه‌تر باشد.

هدف از انجام این پژوهش، تعیین اثرات عمل‌آوری جو پوشینه‌دار و بدون‌پوشینه با سود، فرمالدئید و اوره به روش کیسه‌های نایلونی در شکمبه بر روی ماده‌خشک، پروتئین‌خام، فیبر شوینده‌خنثی و نشاسته و همچنین تعیین این اثرات بر خصوصیات پروتئین و کربوهیدرات درمدل CNCPS، می‌باشد.

۲- بررسی منابع

۲-۱- جو

جو (*Hordeom Vulgare L.*) زیرمجموعه طایفه گندم، خانواده گراس (بریگز[1]، ۱۹۷۸a) و گیاهی است خودلقاح، دیپلوئید با هفت جفت کروموزوم (۲n=۱٤) (بریگز، ۱۹۷۸b). خاستگاه واقعی جو هنوز ناشناخته است اما بسیاری از محققین، خاستگاه این گیاه را کوه‌های زاگرس در غرب ایران، آناتولی جنوبی و فلسطین می‌دانند.

۲-۱-۱- مقاومت گیاه جو

جو در گستره جغرافیایی پهناوری رشد می‌کند اما بهترین اقلیم برای رشد آن سرد و خشک می‌باشد (پلمن[2]، ۱۹۸۵). در میان غلات نیز جو بیشترین سازگاری محیطی را داشته و عموما در اقلیمی که دیگر غلات به‌سختی رشد می‌کنند، به‌خوبی رشد می‌کند. جو یکی از سازگارترین غلات است که در شرایط آب و هوایی مساعد، در خاک حاصلخیز که قابلیت نگهداری آب در آن زیاد باشد، و همچنین در خاکهایی که pH آنها بین ۷ تا ۸ باشد تولید بالایی خواهد داشت. این گیاه در برابر خشکی نسبت به گندم مقاوم‌تر است و بنابراین در آب و هوایی که آب، موجب محدود کردن تولید غلات می‌شود، می‌تواند بیشترین محصول را تولید کند. در شرایط دیم هم عملکرد جو بهتر از گندم و چاودار می‌باشد. تولید جو در همه نوع زمینی با بارندگی سالیانه ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر امکان‌پذیر است. جو نسبت به دمای بالا (بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد) مقاوم است اما در شرایط آب و هوای مرطوب، در برابر دمای بالا بسیار حساس است. دانه جو نسبت به گندم برای جوانه زدن به رطوبت کمتری نیاز دارد. در مواردی که پس از جوانه زدن دانه، گیاه به علت کمبود رطوبت خشک شود، با فراهم شدن شرایط مساعد رطوبتی، گیاه رشد مجدد خود را با شدت بیشتری آغاز می‌نماید. جو از لحاظ مقاومت به سرما، نسبت به گندم در ردیف پایین‌تری قرار می‌گیرد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که کشت جو پاییزه در مناطق سردسیر، چندان اطمینان بخش نباشد. در مقایسه با سایر غلات، جو نسبت به شوری خاک، چه در مرحله جوانه‌زنی و چه در مراحل دیگر مقاوم‌تر است.

1- Briggs
2- Poehlman

۲-۱-۲- تولید

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی[1] (FAO)، کل تولید غلات جهان در سال ۲۰۰۷، ۲۱۲۸ میلیون تن و طی سال ۲۰۰۸ به ۲۲٤۱ میلیون تن رسید که بیش از ۱۰۰ میلیون تن نسبت به سال قبل از افزایش داشت.

جو چهارمین محصول کشاورزی جهان بعد از ذرت، گندم و برنج است (۲۰۰٦، FAO). از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۰۵ تولید جهانی جو به طور میانگین ۱٤۳ میلیون تن بوده است (۲۰۰٦، FAO). درحالی‌که امسال تولید جو در ایران از مرز ۳ میلیون و ۷۰۰ هزار تن گذشت (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۸). بیش از ۲۵ درصد از این تولید مربوط به استانهای فارس، خراسان و گلستان می‌باشد. در ایران بعد از گندم، جو در مقام سطح زیر کشت در رتبه دوم قرار دارد و علت آن هم نیاز آبی کم و مقاومت بسیار خوب در سرما و مقاومت در برابر شوری است. ذرت و برنج به ترتیب رتبه‌های سوم و چهارم را دارند.

جدول ۲-۱- بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده جو (این اقام متعلق به سال ۲۰۰۵ می‌باشد)

رتبه	کشور	تولید (میلیون تن)	رتبه	کشور	تولید (میلیون تن)
۱	روسیه	۷۷۳ /۱۵	۹	امریکا	/٦۲۰ ٤
۲	کانادا	۱۳۳ /۱۲	۱۰	اسپانیا	/٤٤۸ ٤
۳	آلمان	۷۲۲ /۱۱	۱۱	دانمارک	/۷۳۰ ۳
٤	فرانسه	۳۵۷ /۱۰	۱۲	لهستان	/٤٦۱ ۳
۵	اکراین	۰۰۰ /۹	۱۳	چین	/۳۵۰ ۳
٦	ترکیه	۰۰۰ /۹	۱٤	ایران	/۹۰۰ ۲
۷	استرالیا	٦٤۰ /٦	۱۵	جمهوری چک	/۲۸۰ ۲
۸	انگلستان	۵٤۵ /۵		جهان	/۰٤٤ ۱۳۹

علیرغم تحقق اهداف برنامه چهارم در تولید جو و ذرت به دلیل گسترش واحدهای دامداری نیاز کشور به جو بیش از ۵ میلیون تن و ذرت ٤ میلیون و ٤۰۰ هزار تن اعلام شده است.

3- Food & Agriculture Organization of World

۲-۱-۳- ترکیب دانه

حدود ۸۰ درصد دانه جو از کربوهیدرات (وزن خشک) و عمدتاً نشاسته (٦٥ درصد) است (مک گرگور و فینچر، ۱۹۹۳). مشابه با گندم و ذرت غالبا ۷۵ درصد از نشاسته جو از آمیلوپکتین و ۲۵ درصد آمیلوز می‌باشد. گرانولهای نشاسته جو مانند گندم، به دو شکل نوع A که بزرگ (μ۲۵-۱۵) و عدسی شکل بوده و گرانولهای نوع B که کوچک (μ۱۰>) و کروی می‌باشند. تعداد گرانولهای نوع B، ۸۰ تا ۹۰ درصد مجموع گرانولهای نشاسته بوده اما تنها ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن آن را شامل می‌شوند. گرانولهای نشاسته ذرت تنها به شکل کروی بوده و اندازه‌شان به طور میانگین از ۵ تا ۳۰ میکرومتر می‌باشد (واتسون، ۱۹۸۷).

دیواره‌سلولی به همراه پلی‌ساکاریدها بعد از نشاسته بزرگترین بخش کربوهیدرات جو را شامل می‌شوند (مک گرگور و فینچر، ۱۹۹۳). شکل اولیه این بخش به صورت (۳-۱) و (٤-۱) بتاگلوکان بود که بخش عمده دیواره سلولی را تشکیل می‌دهند و حدود ۷۵ درصد از بتاگلوکان می‌باشند (فینچر، ۱۹۷۵). بتاگلوکان ها به‌طور میانگین ٤-۷ درصد از وزن دانه جو را تشکیل می‌دهند (مک گرگور و فینچر، ۱۹۹۳) که این مقدار برای گندم ۰/۵۲ تا ۰/۱ (برسفورد و استن، ۱۹۸۳) و در ذرت ۰/۵ تا ۱/۳ درصد (دمیرباس، ۲۰۰۵) می‌باشد. پروتئین جو حدوداً ۱۰ تا ۱٦ درصد وزن خشک بوده که در مقایسه با گندم ۱۰ تا ۱۵ درصد و در ذرت ۷ تا ۱۳ درصد می‌باشد (سیموندس، ۱۹۷۸). ۳٦ تا ٤۹ درصد کل پروتئین جو از پروتئین ذخیره‌ای هوردین بوده و این میزان به‌شدت تحت تاثیر قابلیت دسترسی نیتروژن است (کیرکمن و همکاران، ۱۹۸۲). عموماً اسیدهای آمینه ضروری لیزین، متیونین، تریپتوفان و ترئونین در پروتئین جو کمتر از میزان احتیاجات پروتئین انسانی و حیوانی می‌باشد (نیومن و نیومن، ۱۹۹۲). مشابه با ذرت و گندم، سطوح اندک لایزین جو تغذیه آن را برای انسان و دام‌های غیرنشخوارکننده نامتعادل می‌سازد (فاستر و پرنتیس، ۱۹۸۷).

میزان لیپید جو به‌طور میانگین ۲-۳ درصد بوده (ولچ، ۱۹۷۸) و در بعضی از ارقام ۵/۳ درصد نیز گزارش شده است (بتی و راسناگل، ۱۹۸۰). که مشابه با لیپید گندم (۲-٤ درصد) بوده (جانسون و مترن، ۱۹۸۷)، اما در ذرت بالاتر (۳/۵-٦ درصد) می‌باشد (گلاور و مرتز، ۱۹۸۷). جنین جو حاوی ۱۸ درصد لیپید بوده (بتی و راسناگل، ۱۹۸۰) که در گندم و ذرت این رقم حدود ۳۰ و ۳۵ درصد می‌باشد (جانسون و مترن، ۱۹۸۷).

۲-۱-٤- موارد استفاده

بسته به ترکیبات جو از آن برای خوراک دام، مالت و غذای انسان استفاده می‌کنند. در سراسر جهان جو به عنوان خوراک دام (۷۰ درصد) و ۲۰ درصد برای مالت و تنها ۵ درصد برای غذای انسان و ۵ درصد باقی‌مانده برای مصارف دیگر استفاده می‌شود. در ایران جو غالبا برا ی خوراک دام مصرف می‌شود و این میزان از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۸ افزایش یافته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۸). با اینکه جو یکی از منابع مهم تامین انرژی و پروتئین دام است گاهاً ممکن است تا ۸۰ درصد جیره پایانی گاوها گوشتی تشکیل دهد (گیسل، ۲۰۰٦).

نشاسته جو با تجزیه آنزیمی قابل دسترس بوده و درنتیجه انرژی قابل دسترس برای رشد را تأمین می‌کند. با این حال دقت در مدیریت تغذیه جو در نشخوارکنندگان ضروری است زیرا تجزیه‌پذیری سریع نشاسته می‌تواند باعث بروز اختلالاتی همچون اسیدوز، پارا کراتوزیس، تورم شکمبه، آبسه‌های کبدی و نفخ شود (ارسکوف، ۱۹۸٦). در طیور ممانعت بتاگلوکان‌های غیرقابل هضم بر قابلیت دسترسی نشاسته منجر به کاهش مصرف خوراک و بهره‌وری از چربی

جیره می‌شود (کلاسن و همکاران، ۱۹۸۵). بنابراین مکمل‌سازی جو در جیره جوجه‌های گوشتی با آنزیم بتاگلوکاناز ضروری می‌باشد (کمبل و بدفورد، ۱۹۹۲). مشابه با گندم و ذرت پروتئین جو از نظر تغذیه‌ای برای غیرنشخوارکنندگان نامتعادل بوده و نیازمند مکمل‌سازی با پروتئین بوده با این حال پروتئین جو نسبت به پروتئین ذرت و گندم قابلیت دسترسی متابولیکی بیشتری داشته و برای رسیدن به مقادیر مشابه مواد مغذی نیازمند سطوح کمتری از مکمل‌سازی می‌باشد. ترکیبات پروتئین در نشخوارکنندگان اهمیت کمتری دارد. نیتروژن جیره‌ای به‌وسیله میکروارگانیسمهای شکمبه به اسیدهای‌آمینه ضروری تبدیل شده و سپس جذب می‌شود (گیسل، ۲۰۰٦). با وجود سطوح بالاتر پروتئین جو نسبت به ذرت، نیاز کمتری به مکمل‌سازی با منابع نیتروژن برای نشخوارکنندگان وجود دارد (گیسل، ۲۰۰٦). در مقایسه با ذرت و برنج، جو کاربرد کمتری برای مصارف غذای انسانی داشته ولی با این حال در مناطقی که دیگر غلات نمی‌توانند با محیط سازگار شوند، جو غذای اصلی محسوب می‌شود (پلمن، ۱۹۸۵) مزایا و سهم خوراکی جو می‌تواند با یافته‌های در مورد اثر هیپوکلسترومیک (کاهش کلسترول خون) فیبر محلول بتاگلوکانی جو در کاهش بیماری قلبی افزایش یابد (مک‌اینتاش و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین گزارش شده با کاهش گلوکز پرندیال خلفی، دیابت و سرطان روده‌بزرگ کاهش می‌یابد (جنکینز وهمکاران، ۱۹۷۸).

۲-۲- فرآوری و اثرات آن بر روی دانه جو

اصولا روشهای فرآوری دانه جو مانند آسیاب نمودن، به منظور افزایش قابلیت هضم در دام انجام می‌شود. فرآوری خوراک، نسبت و شدت تجزیه مواد مغذی را در شکمبه تغییر می‌دهد. تغییر جایگاه هضم نیاز به عمل‌آوری داشته تا جریان مواد مغذی به روده کوچک را بدون کاهش در قابلیت هضم کل دستگاه گوارش، افزایش دهد. فرآوری دانه جو نیز از این امر مستثنی نیست (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

فرآوری جو، نشاسته بیشتری را در دسترس میکروبها قرار داده و باعث افزایش نسبت و میزان تجزیه نشاسته در شکمبه می‌شود (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦). اگرچه فرآوری برای حداکثر بهره‌وری گاوها از دانه جو (گاوها جو کامل را به علت ماهیت کوتینی غلاف دانه، به طور ضعیفی هضم می‌کنند) ضروری است ولیکن فرآوری بیش از حد آن نیز تجزیه شکمبه‌ای نشاسته را افزایش داده که اغلب باعث کاهش مصرف خوراک در نشخوارکنندگان می‌شود (آلن، ۲۰۰۰). برای هضم بهینه نشاسته لازم است تا روشها و شرایط فرآوری به‌گونه‌ای باشد که جریان نشاسته در دوازدهه افزایش یابد، بدون اینکه قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش کاهش یابد. علاوه براین شدتی از فرآوری، که باعث بهبود تولید نشخوارکنندگان می‌شود نیز متنوع و متفاوت است (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

بر اساس تحقیقات مک‌آلیستر و همکاران (۱۹۹۰b) کمتر از ۱۰ درصد ماده خشک حاصل از جو کامل ٤۸ ساعت بعد از قراردادن آن در شکمبه به روش *In situ* هضم می‌شود. وقتی غلاف به دو یا چهار قسمت شکسته می‌شود، قابلیت هضم ماده خشک *In situ* بعد از ۲٤ ساعت قرار دادن در شکمبه حدود ٦۰ درصد بوده است.

در پژوهشی، لانزاس و همکاران (۲۰۰۷) بر روی تنوع کینتیک تولید گاز[1] غلات و ارتباط میان تولید گاز، ترکیبات شیمیایی و ارزش خوراک، دریافتند که فرآوری غلات می‌تواند به میزان زیادی سرعت و جایگاه هضم را تحت تاثیر قرار دهد و این مطلب باید در ارزیابی دانه، درنظر گرفته شود.

به‌طور کلی روشهای معمول فرآوری دانه جو عبارتنداز:

فرآوری فیزیکی سرد	فرآوری فیزیکی گرم
آسیاب کردن	غلتک‌زدن با بخار
غلتک‌زدن خشک	پولکی کردن با بخار
تمپرینگ	پلت کردن
	برشته کردن

فرآوری شیمیایی

هیدروکسیدسدیم	فرآوری آنزیمی
آمونیاک/ اوره	فرآوری با اشعه
آلدئیدها	

فرآوری فیزیکی غلات سد فیزیکی پوسته و پریکارپ را شکسته و به موجب آن مواد مغذی با ارزش آندوسپرم را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و آنزیم‌های هضمی، قابل دسترس می‌نماید. آسیاب کردن با آسیاب چکشی، فرآوری ساده‌ای است که باعث کاهش اندازه ذرات دانه می‌شود. شکافهایی که آسیاب در سطح خارجی دانه ایجاد می‌کند، آندوسپرم را بیشتر در معرض تجزیه قرار می‌دهد (هاسنی[2]، ۱۹۹٤). دانه جو نرم آسیاب شده نسبت به دانه ترک داده شده با نرخ بیشتری تخمیر می‌شود و ممکن است باعث کاهش تولید دام شود (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

صدری و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی، دانه جو آسیاب شده، غلتک‌شده خشک و فرآوری شده با بخار را بر روی گاوهای شیری میان‌دوره، استفاده کردند و گزارش نمودند که هیچ‌یک از فرآوری‌ها تاثیری بر ترکیبات و تولید شیر، مصرف ماده‌خشک، pH و اسیدهای چرب فرار شکمبه، pH مدفوع و ادرار و همچنین قابلیت ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش نداشته است.

صادقی و شورنگ (۲۰۰۸) در آزمایش بررسی اثرات پرتوتابی ریزموجها بر خصوصیات تجزیه ماده‌خشک، پروتئین و نشاسته شکمبه‌ای دانه جو نشان دادند که پرتوتابی به‌مدت ۳ دقیقه باعث افزایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته و بیش از ۵ دقیقه باعث کاهش نرخ و شدت تجزیه پروتئین خام و نشاسته گردید.

در پژوهش دیگری رامسی و همکاران (۲۰۰۲)، اثر نرخ و شدت ناپدیدشدن شکمبه‌ای ماده‌خشک و نشاسته را بر روی نفخ، آبسه‌های کبدی و عملکرد گاوهای نر اخته پرواری بررسی کردند و نتیجه گرفتند زمانی‌که دانه جو به‌سرعت در شکمبه حل و تجزیه می‌شود، نفخ و آبسه‌های کبدی افزایش می‌یابد.

1- Gas production
1- Hoseney

۲-۲-۱- عوامل موثر بر پاسخ (تولید) دام به فرآوري دانه جو

فرآوری دانه جو اثرات متفاوتی بر تولید دام دارد. شدت فرآوری، به‌ویژه غلتک زدن، تخمیر شکمبه‌ای و تولید دام را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فرآوری ناکافی، بهره‌وری تجزیه شکمبه‌ای ماده‌آلی را کاهش داده و از طرفی فرآوری اضافی، مصرف خوراک و تولید را کاهش می‌دهد. به‌علاوه ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی دانه جو نیز متغیر است. بنابراین کیفیت دانه جو قبل از فرآوری ممکن است تحت تاثیر روش و شدت فرآوری دانه جو قرار گیرد.

۲-۲-۲- فرآوری شیمیایی و اثرات آن

فرآوری شیمیایی عبارتست از آغشته نمودن دانه به یک محلول شیمیایی، چند ساعت و یا چند روز قبل از تغذیه آن. فرآوری‌های معمول شیمیایی عبارتند از: عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم، عمل‌آوری با آلدئیدها، عمل‌آوری با اوره یا آمونیاک (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰۶).

دهقان بنادکی و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی بر روی گاوهای شیری هلشتاین، اثرات جو فرآوری‌شده با سود، فرمالدئید و اوره را بر ناپدیدشدن ماده‌خشک، پروتئین خام، اسیدهای آمینه، نشاسته، فیبر شوینده‌خنثی و اسیدی در شکمبه بررسی کردند و نشان دادند که همه عمل‌آوری‌های شیمیایی باعث کاهش ناپدیدشدن شکمبه‌ای پروتئین خام شدند و فقط عمل‌آوری با سود و فرمالدئید باعث کاهش ناپدیدشدن مجموع اسیدهای‌آمینه و تعدادی از اسیدهای‌آمینه در شکمبه شدند.

۲-۲-۲-۱- هیدروکسیدسدیم

معمولا کاربرد سود برای عمل‌آوری جو به مقدار ۴۰-۳۰ گرم در کیلوگرم در ماده‌خشک دانه باعث افزایش قابلیت هضم کل دستگاه گوارش (به‌وسیله تخریب پوشش دانه) می‌شود. جو عمل‌آوری شده با NaOH خاکستر بیشتری دارد (مطابق با مقدار سدیم افزوده شده) بنابراین غلظت سایر مواد مغذی به علت غلیظ‌شدن خاکستر، کاهش می‌یابد (مک نیون وهمکاران[1]، ۱۹۹۵). قابلیت هضم ماده‌خشک جو عمل‌آوری شده با NaOH در کل دستگاه گوارش در مقایسه با جو غلتک زده شده مشابه بوده ولی قابلیت هضم NDF بالاتر و قابلیت هضم نشاسته پائین‌تر می‌باشد. با وجود NaOH، قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده‌خشک و پروتئین خام در حدود ۳۰ درصد کاهش یافته ولی غلظت چربی و پروتئین شیر وقتی که جو فرآیند شده با NaOH به گاوها تغذیه شد، کاهش یافته است (NRC، ۲۰۰۱).

ارسکوف و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که قابلیت هضم کلی ماده‌آلی در دستگاه گوارش با افزایش کاربرد سود، افزایش یافت. همچنین، توماس و آرنزن[2] (۱۹۸۳) ۲۸ درصد واحد در افزایش در قابلیت هضم ماده‌خشک کل دستگاه گوارش برای جو کامل عمل‌آوری شده با NaOH در برابر جو کامل تیمار نشده، گزارش نمودند و اعلام کردند که ۳۵-۲۵ گرم در کیلوگرم NaOH برای تیمار دانه جو کافی می‌باشد. اثرات سودمندی

1 - McNiven and et al.
2- Thomas and Arnzen

بیشتر جو کامل با NaOH در تجزیه شکمبه‌ای نشاسته در مقایسه با غلتک‌زدن یـا آسـیاب‌کـردن پـائین‌تـر بودنـد. همچنین، نوسان در pH شکمبه‌ای کاسته شده و بروز اسیدوز در شکمبه کاسته شد.

سریس‌کندراجاه[1] و همکاران (۱۹۸۰) گاوهای شیرده چراگر را با جو کامل عمل‌آوری شـده بـا NaOH (۳۰ گـرم در کیلوگرم) تغذیه کردند و سرعت کمتر قابلیت‌هضم شکمبه‌ای برای جو کامل عمل‌آوری شـده بـا NaOH در برابـر جو خشک غلتک شده، گزارش نمودند. آنها همچنین دریافتند که وقتی گاوهای شیرده با جو عمل‌آوری شـده تغذیـه شدند، علوفه بیشتری مصرف کرده و تولید شیر بالاتری داشتند (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

در پژوهشی از ۲٤ راس گاو هلشتاین–فریژن با میانگین ۲۱۱ روز شیردهی استفاده کردند و با ٤ کیلوگرم جـو غلتـک شده یا ٤/۳۲ کیلوگرم جو عمل‌آوری شده با NaOH مکمل‌سازی نمودند. بازده شیر و پروتئین شیر برای گاوهـایی‌کـه بـا جو غلتک شده تغذیه شده بودند، نسبت به آنهایی‌که با جو عمل‌آوری شده با NaOH تغذیه شده بودند، بـالاتر بـود. امـا غلظت ازت اوره‌ای شیر[2] برای گاوهایی که با جو عمل‌آوری شـده بـا NaOH تغذیـه شـدند بـالاتر بـود ولواینکـه ازت مصرفی مشابه بود (مولیگان و همکاران[3]، ۲۰۰٤). علی‌رغم پتانـسیل سـودمندی تیمـار NaOH دانـه‌هـای غـلات، شـاید کاربرد عملی آن امکان‌پذیر نباشد زیرا نگرانی‌ها در مورد هزینه، امکان وقوع آسیبهای کلیوی (نفریت) در گاوهای شـیری، و مسائل مربوط به نمک‌سازی خاک می‌باشد (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

۲-۲-۲-۲- اوره

برای فرآوری با اوره، محلولی حاوی اوره یا آمونیاک بر روی دانه اسپری شده و اجازه داده می‌شود تا به مدت چند هفته خیس بخورد. ماتیسون و همکاران[4] (۱۹۸۹) گزارش کردند که دانـه بـا رطوبـت بـالای جـو، سـرعت و راندمان رشد گاوهای پرواری را بهبود بخشیده است. بهبود ضریب تبدیل بـه کـاهش سـرعت هـضم مـاده‌خـشک شکمبه‌ای و کاهش فرار ازت شکمبه‌ای و ترکیبات غیرفیبری به جو عمل‌آوری شده با اوره نسبت داده شده اسـت. (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

برادشاو و همکاران[5] (۱۹۹٦) گزارش کردند که آمونیاکی شدن توام با تمپرینگ[6] (عمل بالا بردن رطوبت دانه جو با افزودن ۲۵۰–۲۰۰ گرم در کیلوگرم آب به آن و مخلوط و انبار کردن به‌مدت ۲٤–۱۲ ساعت قبل از غلتک‌زدن) و غلتک‌زدن در مقایسه با غلتک خشک زدن، عملکرد گاوهای اخته پرواری را افزایش داد. این یافته‌ها نشان دادند که آمونیاکی‌کردن، تاثیر فرآوری مکانیکی در بهبود افزایش وزن روزانه یا ضریب تبدیل خوراک، ندارد و اینکه آمونیاکی‌شدن جو، وقتی‌که با فرآوری مکانیکی ترکیب می شود، نتایج بهتری را به دنبال ندارد.

1 - Sriskandarajah
2- Milk Urea Nitrogen (MUN)
3- Mulligan and et al.
4- Mathison et al.
5- Bradshaw and et al.
3- Tempering

۲-۲-۲-۳- فرمالدئید

عمل‌آوری خوراک با آلدئیدها مانند فرمالدئید در ٤-۱/۵ گرم درکیلوگرم ماده خشک دانه می‌تواند میزان آمینواسیدهای روده‌ای را با کاهش تجزیه شکمبه‌ای پروتئین خام[1] افزایش دهد (فایچنی و داویس[2]، ۱۹۷۳).

فرآوری فیزیکی ملایم و ترکیب‌شده با عمل‌آوری با فرمالدئید، شاید روشی موثر برای تغییر در نرخ تجزیه نشاسته در شکمبه، بدون تاثیر بر قابلیت هضم کلی دستگاه گوارش باشد (مک آلیستر و همکاران، ۱۹۹۰b). در غلات، نشاسته به شکل گرانولهای کپسول‌دار پروتئینی وجود دارد که می‌تواند با آلدئیدها پیوند کووالانسی برقرار نمایند. بنابراین، با عمل‌آوری دانه‌های غلات با آلدئیدها، انتظار می‌رود تا اندازه‌ای پروتئین و نشاسته در دانه غلات از تجزیه شکمبه‌ای محافظت شود (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

اثرات مثبت استفاده از فرمالدئید برای افزایش آمینواسیدهای موجود در روده توسط کاهش تجزیه شکمبه‌ای پروتئین خام جیره به خوبی اثبات شده است (باری[3]، ۱۹۷٦؛ هایسلوپ[4]، ۱۹۸۹؛ اورتگا- سریلا و همکاران، ۱۹۹۹b). اورتگا- سریلا و همکاران (۱۹۹۹a) در دو آزمایش جداگانه بر روی گوسفند و گاو جرزی انجام دادند تا اثرات عمل‌آوری جو با فرمالدئید را بر تخمیر و هضم شکمبه بررسی کنند. فرمالدئید به‌کار برده شده برای دانه جو به میزان ۳۰ گرم در پروتئین خام، نشاسته جو یا کل جریان ازت به روده کوچک را افزایش نداد و در غلظت متابولیتهای شکمبه یا رساندن پروتئین میکروبی به روده‌ها، در گوسفند و گاو تغییری ایجاد نکرد (دهقان بنادکی و همکاران، ۲۰۰٦).

۲-۳- اندازه‌گیری ناپدیدشدن با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی

روشهای زیادی برای تخمین تجزیه‌پذیری یا هضم وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان ارزش غذایی خوراک را پیش‌بینی نمود. بعضی از روشهای آزمایش موجود، مانند روشهای ابداعی تیلی و تری (۱۹٦۳) و ابداعی منک و همکاران (۱۹۷۹) با استفاده از مایع شکمبه و بعضی روشهای دیگر بدون استفاده از مایع شکمبه، با استفاده از آنزیمها امکان ارزیابی تخمیر شکمبه‌ای را فراهم ساخته‌اند. با به‌کارگیری این روشها می‌توان برآورد نزدیکی از روند قابلیت هضم بالقوه خوراک به دست آورد (والنتین و همکاران، ۱۹۹۹).

نسل دوم این این روشها برای تخمین تجزیه به همراه حرکت مواد خوراکی در شکمبه- نگاری می‌باشد. مفهوم کینتیک که دربرگیرنده سرعت هضم و زمان باقی‌ماندن مواد خوراکی در شکمبه است، اولین بار توسط بلاکستر و همکاران (۱۹۵٦) معرفی گردید. یکی از روشهای بیولوژیکی تعیین قابلیت هضم، روش استفاده از کیسه‌های نایلونی در محیط شکمبه می‌باشد که به‌دلیل ارزانی، ساده بودن، چند تکراره بودن، مقدار کم نمونه و قرار دادن در محل خاص محیط شکمبه، در ارزیابی مواد خوراکی استفاده وسیعی دارد. مطالعات نشان می‌دهد که میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه به روش کیسه‌های نایلونی با قابلیت هضم اندازه‌گیری شده پروتئین با استفاده از حیوان زنده در نشخوارکنندگان ارتباط دارد. چنانچه بتوان این رابطه را تعیین نمود، نیاز به صرف وقت و هزینه‌های اضافی انجام روش با حیوان زنده نیست، این روش برای اولین بار توسط کوین[5] و همکاران (۱۹۳۸) برای مطالعه

1- Crude Protein, CP
2- Faichney and Davies
3- Barry
4- Hyslop
1- Quin et al.

هضم در شکمبه استفاده شده‌است (ارسکوف وهمکاران، ۱۹۸۰). بعدها جهت پیش‌بینی قابلیت هضم *In vivo* علوفه و مواد خشبی مورد تایید قرارگرفته‌است (اربابی، ۱۳۸٦).

بررسی کینتیک هضم با اندازه‌گیری میزان تجزیه‌پذیری نمونه‌های خوراک قرار داده شده در کیسه‌های نایلونی که در داخل شکمبه قرار می‌گیرند و یا با استفاده از فن تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی امکان‌پذیر است. امروزه این روشها به‌طور وسیع برای ارزیابی میزان پروتئین و انرژی خوراک مورد استفاده نشخوارکنندگان، پیش‌بینی مقدار خوراک مصرفی و همچنین بررسی امکان بروز اختلالات گوارش در شکمبه استفاده می‌شوند (ارسکوف وهمکاران، ۱۹۸۰).

از آنجایی که روش کیسه‌های نایلونی با قراردادن مواد خوراکی در شکمبه دام، امکان مجاورت نزدیک خوراک مورد آزمایش را با محیط طبیعی تخمیر میسر می‌سازد، شاید بتوان گفت که روشی بهتر از آن برای تقلید از محیط شکمبه (از نظر درجه حرارت، pH، بافر و آنزیمها) وجود ندارد. با این حال این روش نیز دارای معایبی از قبیل اندازه قطر منافذ کیسه (ویرک و پرادهان، ۱۹۹۲)، تفاوت ترکیب جمعیت میکروبی داخل و خارج کیسه، نسبت وزن نمونه به مساحت کیسه (میلی‌گرم در هر سانتی‌متر مربع)، اندازه ذرات نمونه خوراک، و آلوده شدن مواد باقیمانده درون کیسه با اجساد میکروارگانیسمهای شکمبه می‌باشند که می‌توانند تفسیر نتایج این روش را تحت تاثیر قرار دهند (منصوری و همکاران، ۱۳۸۲).

جدول (۳-۲) به مقایسه روشهای استاندارد پیشنهادی برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پرداخته است.

جدول ٤-٢- مقایسه روشهای استاندارد پیشنهادی برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای (ونزانت و همکاران، ۱۹۹۸)

	ارسکف (۱۹۸۲)	لیندبرگ (۱۹۸۵)	نوسک (۱۹۸۸)	AFRC (۱۹۹۲)	میکالت-دورآو و اولد-باه (۱۹۹۲)	مادسن و ولپلوند (۱۹۹٤)	ویلکرسون و همکاران (۱۹۹۵)
جیره	مشابه با جیره مورد استفاده	۵۰:۵۰ علوفه به کنسانتره	مشابه با جیره مورد استفاده	٦۰:٤۰ علوفه به کنسانتره	مشابه با جیره مورد استفاده	٦٦/٧ :٣٣/٣ علوفه به کنسانتره	فقط علوفه
سطح تغذیه	نامعین	نگهداری	آزاد	نگهداری	نامعین	نگهداری	نامعین
کیسه							
جنس	پلی‌استر	پلی‌استر	پلی‌استر	پلی‌استر	پلی‌استر	پلی‌استر	پلی‌استر
اندازه منافذ	۲۰–٤۰ µm	۳۵–٤۰ µm	٤۰–٦۰ µm	٤۰–۵۰ µm	٤۰–٦۰ µm	۳۰–۵۰ µm	۵۳ µm
اندازه نمونه: سطح مقطع	۱۲–۲۰ mg/cm^2	۱۰–۱۵ mg/cm^2	۱۰–۲۰ mg/cm^2	۱۲ mg/cm^2	۱۵ mg/cm^2	۱۰–۱۵ mg/cm^2	۱۲/۵ mg/cm^2
اندازه آسیاب کردن نمونه							
کنسانتره‌ها	۲/۵–۳ mm	۱/۵ mm	۲ mm	۲/۵ mm	۱/۵–۳ mm	۱/۵–۲/۵ mm	۲ mm
علوفه‌ها	۲/۵–۵ mm	۱/۵ mm	۵ mm	٤ mm	۱/۵–۳ mm	۱/۵–۲/۵ mm	۲ mm
نوع دام	گوسفند یا گاو	گاو	نامعین	نامعین	نامعین	گاو، گوسفند، بز	گاو
تکرار							
تعداد دام	٤–۲	٤–۳	نامعین	۳	نامعین	۳	٤–۱
تعداد روز	۲–۱	نامعین	نامعین	۱	نامعین	۱	٤–۱
تعدادکیسه‌ها	٤–۱	نامعین	نامعین	۱	نامعین	۲	۸–۱
پیش انکوباسیون	نامعین	نامعین	نامعین	خیساندن	غیرضروری	غیرضروری	نامعین
شرایط انکوباسیون							
موقعیت شکمبه‌ای	تماس با مایعات و جامدات	کیسه شکمی (حرکت آزاد)	نامعین	مایع (حرکت آزاد)	نامعین	نامعین	کیسه شکمی (حرکت آزاد)
شیوه جاگذاری/ خروج	ورود همزمان	نامعین	خروج همزمان	هر دو روش	ورود همزمان	ورود همزمان	خروج همزمان
زمانها	۲، ٦، ۱۲، ۲٤، ۳٦ (؟ برای علوفه‌ها)	۲، ٤، ۸، ۱٦، ۲٤ (٤۸ برای علوفه-ها)	۱۲–٦ مقطع تا ۲٤؛ بقیه بیش از ۲۵ ساعت	۲، ٦، ۸، ۲٤، ٤۸ (۷۲ برای علوفه-ها)	به اندازه کافی برای رسم منحنی	۰/۲، ٤، ۸ ۱٦، ۲٤، ٤۸	۱٦ برای آزمایش و زمان برای نرخ، نامعین