فصل اول

۱- مقدمه و اهداف

۱-۱- مقدمه

با توجه به نیاز جامعه به منابع پروتئین حیوانی ونقش آنها در تامین سلامت جامعه، عزم جدی برای افزایش تولید محصولات لبنی در جوامع مختلف، سالهاست که مشهود می باشد. تهیه خوراک مورد نیاز واحدهای تولیدی، یکی از مهمترین دغدغه های مدیریت این واحدها می باشد که با توجه به هزینه و محدودیت های تامین بسیاری از اغلام پر مصرف در این واحدها، نقش فر آورده های جنبی کشاورزی به عنوان یکی از مطمئن ترین و با صرفه ترین جایگزین اقلام مصرفی، پررنگ تر می شود (لاند کوئیت، ۱۹۹۵)، هر چند که محدودیت هایی نیز در مصرف این گونه محصولات داریم (دپرز وهمکاران، ۱۹۹۷).

بخش عمده ای از فر آورده های جنبی کارخانجات دخیل در تولید مایحتاج خوراکی وغیر خوراکی انسانها را در گروه منابع فیبری غیر علوفه ای (NFFS) دسته بندی می کنند. اصلی ترین مشخصه این فرآورده ها میزان فیبر بالای موجود در آنها می باشد که در اثر استخراج نشاسته، قند و یا سایر محتویات غیر فیبری اشان از ماده اولیه حاصل می شوند. معمولا این محصولات از لحاظ اندازه ذرات تا حدودی مشابه کنسانتره می باشند، ولی از لحاظ میزان فیبر مشابه علوفه ها دسته بندی می شوند.

یکی از مهمترین و فراوان ترین محصولات تولیدی در این بخش تفاله حاصل از استخراج نشاسته از دانه غلات جهت تولید الکل می باشد که اصطلاحا به آنها پس ماند تقطیری دانه غلات (Distiller's grains) گفته

می شود. تا چندین سال قبل، این فر آوردها تنها از جانب تولید الکل خوراکی قابل تهیه بودند، ولی در سالهای اخیر با توجه به حجم انبوه تولید اتانول سوختی، میزان فراوانی از این محصولات روانه بازار مصرف شده اند که یکی از مهمترین کاربردهای آنها، تامین بخشی از خوراک حیوانات مختلف از جمله گاوها می باشند (شینگوات و همکاران، ۲۰۰۹). اصلی ترین محصولات جنبی صنعت اتانول سازی، پس ماند تقطیری دانه غلات (DG) و پساب باقیمانده حاصل از تقطیر الکل (Thin Stillage) بوده وسایر محصولات جنبی مورد استفاده در تغذیه دام، پس ماند تقطیری خشک با پروتئین بالا (HPDDG)، کنجاله جوانه ذرت (Corn germ meal) و فرآورده هایی می باشند که در آینده مورد توجه قرار خواهند گرفت (شینگوات و همکاران،۲۰۰۹).

DG حاوی پروتئین مناسب (CP>۳۰ درصد) با پروتئین عبوری (RUP) بالا (تقریبا ۵۵ درصد از CP) وهمچنین انرژی مناسب (NE_L برابر با ۲/۲۵ M Cal/Kg DM) می باشند که می توان آنها را به جای علوفه یا کنسانتره مورد استفاده قرار داد، هر چند که به طور معمول آنها را جایگزین کنسانتره می کنند (شینگوات وهمکاران،۲۰۰۹).

علوفه ها معمولا اصلی ترین منبع تامین کننده فیبر در تغذیه نشخوارکنندگان می باشند. فیبر موجود در خوراک و مهمتر از آن فیبر علوفه ها به دلیل ابعاد آن و تاثیر خاص آن بر فعالیت طبیعی شکمبه و تحریک عمل نشخوار، نقش بارزی در سلامت دام و عملکرد طبیعی میکروارگانیزمهای شکمبه بازی می کنند (آلن و همکاران، ۱۹۹۷).

در مواقعی که تهیه علوفه ها با چالش هایی مواجه باشد یا ارزش غذایی علوفه های موجود پایین باشد و یا اینکه قیمت آنها در مقایسه با سایر اقلام غذایی مقداری بالا باشد، جایگزینی علوفه ها با منابع فیبری غیر علوفه ای (NFFS) امری پسندیده واقتصادی می باشد.

به استثناء پنبه دانه کامل، فیبر اغلب NFFS قادر به تامین تحریک کافی برای عمل نشخوار نمی باشند (کلارک وآرمنتانو ۱۹۹۳،۱۹۹۴و۱۹۹۷؛ دپایز وآرمنتانو ۱۹۹۵؛ سایوان و آرمنتانو ۱۹۹۴). کاهش فعالیت نشخوار در اثر جایگزین کردن علوفه با NFFS می تواند منجر به کاهش pH شکمبه وتجزیه پذیری NDF گردد (گرنت ومرتنز، ۱۹۹۲). کاهش pH شکمبه و در نتیجه آن کاهش تجزیه فیبر جیره، منجر به تغییر ترکیب اسیدهای

چرب فرار (VFA) تولیدی در شکمبه شده و با افت نسبت استات به پروپیونات (C_2/C_3) تولیدی، موجب کاهش سنتز چربی شیر می شود. لذا نکته قابل توجه در جایگزینی علوفه با این محصولات، تامین شاخص فیبر موثر (eNDF) در هنگام جیره نویسی می باشد، به گونه ای که عملکرد طبیعی شکمبه حفظ و چربی شیر در حد مطلوب باقی بماند (مرتنز، ۱۹۹۷).

از آنجایی که میزان انرژی و پروتئین DG در حد مطلوبی بوده واندازه ذرات در آنها تا حد زیادی مشابه اجزاء کنسانتره می باشد، می توان این محصولات ارزان قیمت را جایگزین اجزاء گران تر کنسانتره از جمله منابع تامین کننده پروتئین جیره مثل سویا نمود (باتاجو وهمکاران، ۱۹۹۸).

با توجه به آنچه گفته شد، ۲ استراتژی عمده در تغذیه NFFS عبارتند از؛ جایگزینی اجزاء علوفه و یا کنسانتره با این محصولات که ما در این پژوهش به بررسی تاثیر جایگزینی علوفه یونجه با پس ماند تقطیری خشک گندم در دو نسبت مختلف بر رفتار تغذیه ای، تولیدی و سلامت دام پرداخته ایم.

۱-۲ -اهداف

بنابراین اهداف عمده پژوهش به شرح ذیل بودند:

۱ -مقایسه ترکیب شیمیایی، فراسنجه های تولید گاز وتجزیه پذیری انواع جیره های حاوی مقادیر مختلف پس ماند تقطیری دانه گندم با یکدیگر و همچنین با جیره پایه

۲ -بررسی تاثیر جایگزینی علوفه یونجه با پس ماند تقطیری دانه گندم بر pH شکمبه، قابلیت هضم مواد مغذی، متابولیتهای خونی و رفتار تغذیه ای گاوهای شیری در اواسط دوره شیردهی

فصل دوم

۲- بررسی منابع

۲-۱- فیبر خوراک

۲-۱-۱- تعریف فیبر خوراک و ماهییت آن

اصطلاحی که به طور وسیعی برای بیان فیبر موجود در خوراک نشخوارکنندگان به کار می رود NDF می باشد. NDF یک موجودیت خاص شیمیایی نیست، بلکه بیانگر ساختار کربوهیدراتی خوراک می باشد. به نظر می رسد که NDF برای بیان غلظت فیبر بسیار مناسب باشد، چرا که بیشترین میزان همبستگی بین شیر اصلاح شده بر اساس چربی (FCM) با غلظت NDF می باشد تا با غلظت ADF موجود در جیره باشد (مرتنز،۱۹۹۴).

چنانچه فیبر موجود از لحاظ کیفیت واندازه ذرات در سطح مناسبی باشد، میزان مناسب از مصرف ماده خشک (DMI) (ونگسنس و همکاران، ۱۹۸۱)، فعالیت جویدن (گرنت و همکاران، ۱۹۹۰)، تخمیر شکمبه ای (دیویس و برون، ۱۹۷۰) و درصد چربی شیر (ونسوست، ۱۹۶۳) خواهیم داشت.

تنظیم جیره ها بر اساس درصد NDF از ماده خشک جیره مورد پذیرش می باشد، چرا که رابطه ای مثبت بین میزان NDF وانباشتگی شکمبه و رابطه ای منفی بین میزان NDF و تراکم انرژی خوراک موجود می باشد (مرتنز، ۱۹۹۴). بنابراین، جیره های با میزان پایین فیبر و بالای نشاسته برای بالا بردن مصرف انرژی به دامها

داده می شوند که این گونه جیره ها خطر ابتلاء به اسیدوزیس را در دامها افزایش داده (کراس و همکاران ، ۲۰۰۲) وعلاوه بر این هضم فیبر در PH پایین تر از ۶ کاهش می یابد (شیور و همکاران،۱۹۸۶).

جیره گاوهای شیری را می توان از لحاظ NDF بالانس نمود، اما باید توجه داشت که NDF موجود در خوراکهای مختلف از لحاظ ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی دارای تفاوتهایی می باشند. محصولات فرعی کارخانجات (by products) معمولا از لحاظ میزان NDF بالا می باشند، ولی این نوع فیبر نمی تواند به مانند فیبر موجود در قطعات درشت علوفه خرد شده در تحریک نشخوار و ترشح بزاق موثر باشد (ساروار و همکاران ، ۱۹۹۲). گاوهای شیری احتیاج به فیبر علوفه برای ماکزیمم تولید خود دارند، هر چند که میزان بالای این نوع فیبرها منجر به انباشتگی شکمبه وکاهش مصرف خوراک می گردند (ابا و الن، ۱۹۹۹).

۲-۱-۲- فیبر موثر

فیبر جیره یک نقش اساسی در افزایش مصرف خوراک، تحریک نشخوار و تخمیر شکمبه ای ایفا می کند. به طور ویژه، NDF معرفی می شود با واژه "موثر" تا بیانگر این واقعیت باشد که نشخوار، میزان چربی شیر و تولید شیر تصحیح شده براساس چربی (FCM) در حد مطلوب می باشد (گرنت، ۱۹۹۷). این نقش از فیبر عمیقا تحت تاثیر ابعاد واندازه ذرات و زمان باقی ماندن در شکمبه می باشد (وود فورد و مورفی، ۱۹۸۸). به طور کلی، فیبر موثر عبارتست از توانایی فیبر برای تحریک نشخوار، نرخ عبور، ترشح بزاق، تولید استات شکمبه ای و در نهایت درصد چربی شیر.

فیبر موثر فیزیکی (PeNDF) موجود در خوراک، علاوه بر اینکه محرک نشخوار (آلن، ۱۹۹۷) می باشد، از طریق تغییر نرخ عبور شکمبه (Passage Rate) و تاثیر آن بر غلظت محتویات شکمبه نیز قابل ارزیابی می باشد (آلن و گرنت، ۲۰۰۰). آنها مشاهده نمودند که میزان عبور (Passage) پس ماند گلوتنه مرطوب ذرت (WCGF) از شکمبه، زمانی که همراه با علوفه یونجه در جیره گنجانده شود، در مقایسه با جیره های حاوی WCGF به طور معنی داری کاهش نشان می دهد. افزودن علوفه یونجه خرد شده به جیره های حاوی WCGF سبب افزایش غلظت توده شکمبه، فعالیت شکمبه و کاهش نرخ عبور شده و در نتیجه آن، میزان تجزیه پذیری NDF خوراک گلوتنه مرطوب ذرت در شکمبه افزایش یافت.

پنبه دانه (WCS) نیز برای تعیین فیبر موثر مورد ارزیابی قرار گرفته است. وقتی پنبه دانه توسط کاپک و همکاران (۱۹۹۱) در خوراک مورد استفاده قرار گرفت، مشاهده نمودند که الیاف احاطه کننده تخم پنبه، بر روی توده جامد شکمبه قرار گرفته و چندین مرتبه مورد نشخوار قرار می گیرد. بر پایه چنین عکس العملی، به نظر می رسد پنبه دانه حاوی PeNDF بیشتری نسبت به سایر اقلام NFFS دارا باشد (کلارک و ارمنتانو، ۱۹۹۳؛ مونی وآلن، ۱۹۹۷). بر پایه فعالیت جویدن، به نظر می رسد که NDF پنبه دانه حدود ۸۴ درصد اثر NDF سیلاژ یونجه را دارا باشد (هارواتین و همکارن، ۲۰۰۲). همچنین، پنبه دانه و DG به عنوان یک منبع خوب از PeNDF برای حفظ چربی شیر معرفی شده اند (کلارک و آرمنتانو، ۱۹۹۳).

بوکمن ویانگ (۲۰۰۵) اثبات نمودند که محتوای PeNDF خوراک، سبب افزایش فعالیت نشخوار می گردد، اما افزایش پتانسیل بافری خوراک به دلیل ترشح بیشتر بزاق سبب کاهش وقوع اسیدوزیس شکمبه ای نشد. این مطلب بیانگر تاثیر فاکتور دیگری به جزء PeNDF، یعنی پتانسیل تخمیر شکمبه ای خوراک بر تنظیم PH شکمبه می باشد.

بعد از شکل گیری مفهوم فیبر موثر فیزیکی (peNDF)، روشهای متعددی برای اندازه گیری آن ارائه شده است (مرتنز، ۱۹۹۷). دو روش عمده برای اندازه گیری میزان آن در خوراکها با استفاده از الک پنسیلوانیا (psps) مرسوم می باشد. در روش اول، سهمی از خوراک، که بین پایه های الک ۱۹ و ۸ میلی متری باقی مانده (اندازه ذرات = ۱۹ mm – ۸) براساس ماده خشک، در درصد NDF خوراک ضرب می گردد (لمرز و همکاران، ۱۹۹۶). روش دوم که توسط مرتنز (۱۹۹۷) پیشنهاد گردید، سهمی از خوراک باقی مانده بر اساس ماده خشک روی پایین ترین الک عمودی، یعنی الک ۱.۱۸ میلی متری (اندازه ذرات = ۸ mm – ۱/۱۸) در مقدار NDF خوراک ضرب می شد. در آنالیز گسترده ای که توسط زی بلای (۲۰۰۶) بر روی ۳۳ پژوهش صورت گرفت، روش ابداعی مرتنز (۱۹۹۷) تخمین قابل اطمینان تری از PH شکمبه و قابلیت هضم فیبر را نسبت به روش اول ارائه می کند. همچنین مشخص گردید که پارامترهای مربوط به شیر خصوصا درصد چربی شیر حساسیت کمتری به تغییرات PeNDF، نسبت به سایر مولفه ها از جمله pH شکمبه، فعالیت نشخوار و قابلیت هضم فیبر شکمبه ای را دارا می باشند.

اخیرا علاقه فراوانی به استفاده از محصولات فرعی به عنوان جایگزین اقلام سنتی خوراک شکل گرفته است. از دیدگاه تغذیه ای، فر آورده های جنبی به عنوان مکمل انرژی و پروتئین در جیره جای می گیرند، اما اغلب با خصوصیت فیبر بالا شناخته می شوند. فیبر موجود در این محصولات از لحاظ خصوصیات فیزیکی وشیمیایی با NDF موجود در علوفه ها متفاوت می باشد (زو و همکاران ، ۱۹۹۷) به خصوص اجزاء آن، ابعاد کوچک و دانسیته بالایی دارند (فیرکینز و ایستریدج ، ۱۹۹۲). اگر چه آزمایشات زیادی نشان داده است که جایگزین کردن بخشی از فیبر علوفه با فر آورده های فرعی، اثر سویی بر فعالیت شکمبه یا غلظت چربی شیر نداشته است (زو وهمکاران، ۱۹۹۷; گرنت، ۱۹۹۷)، کلن براندر (۱۹۹۱) اثبات نموده است که کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه منجر به کاهش فعالیت نشخوار گردیده، اما تاثیری بر چربی شیر نداشت.

این نیز نشان داده شده است که محتوای چربی شیر لزوما با کاهش فیبر علوفه ای جیره (رپتی و همکاران، ۱۹۹۵) و یا کاهش اندازه ذرات (سنز سمپلایو، ۱۹۹۸) کاهش نمی یابد. کاهش اندازه ذرات علوفه، مصرف ماده خشک علوفه را بخصوص وقتی که کیفیت علوفه ضعیف می باشد، به خاطر کاهش زمان ماندگاری در شکمبه، افزایش می دهد (وود فورد و مورفی، ۱۹۸۸)، اما به طور همزمان، افزایش این امر سبب کاهش هضم انرژی علوفه به خاطر کاهش زمان موجود برای هضم فیبر موجود در آن می باشد.

گوسفند وبز در عادت پذیری نسبت به استفاده از علوفه کم کیفیت به خوبی عمل نموده ونسبت به استفاده از فیبر با ذرات کوچکتر کمتر حساس می باشند (لانز و همکاران، ۱۹۹۶; سنز سمپلایو، ۱۹۹۸).

۲-۱-۳- فیبر علوفه ای

علوفه ها علیرغم غلظت پایین انرژی، اصلی ترین منبع فیبر جیره محسوب می شوند. همانطوریکه ظرفیت ژنتیکی تولید شیر افزایش می یابد، تدارک انرژی و فیبر مورد نیاز گاوهای شیری بسیار مشکل می شود.

خوراک گاوهای شیری در زمانی که از علوفه های معمول سیلو ذرت و علف یونجه تشکیل شده باشد و دانه ذرت خشک، بخش غالب دانه ای کنسانتره را تشکیل بدهد، باید حداقل، دارای ۲۵ درصد NDF باشد که ۷۵ درصد آن، از محل علوفه ها تامین بشود تا بتوان به میزان شایسته ای از عملکرد شکمبه ، درصد چربی، تولید

شیر و سلامت حیوان دست یافت. در هنگام کاهش سهم فیبر علوفه ای (FNDF) و یا کاهش اندازه ذرات علوفه، میزان NDF جیره باید مقداری بالاتر از حداقل مورد نیاز پیشنهاد شده فراهم گردد (NRC، ۲۰۰۱).

سایوان و آرمنتانو (۱۹۹۴) پیشنهاد نمودند فیبر غیر علوفه ای (nFNDF) تقریبا نیمی از اثر خصوصیات فیزیکی علوفه هایی مثل سیلاژ یونجه را در زمان قرارگیری در جیره های کم فیبر دارا می باشند. سارور وهمکاران (۱۹۹۲) NDF علوفه را با NDF خوراک گلوتنه ذرت و پوسته سویا جایگزین کردند وگزارش نمودند که ۶۰ درصد FNDF برای عملکرد شکمبه و تولید شیر کافی می باشد، وقتی که کل جیره، ۳۱ درصد NDF داشته باشد. لذا بیان FNDF به صورت درصدی از فیبر جیره، به اندازه کافی بیانگر وجود فیبر موثر نمی باشد، به خصوص وقتی که خوراک حاوی مقادیر فراوانی از فرآورده های جنبی نیز باشد، بنابراین، وقتی فیبر علوفه ای به عنوان یک شاخص برای کفایت فیبر به کار می رود، باید اندازه ذرات وقطعات علوفه و یا جیره مخلوط (TMR) نیز مورد ارزیابی قرار گیرند. از طرفی، وقتی قسمتی از یک علوفه با یک منبع کربوهیدراته با قابلیت هضم بالا جایگزین می شود، غلظت فیبر غیر علوفه ای نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۱-۴- فیبر غیر علوفه ای

توجه خاص به سطوح فیبر جیره باید زمانی صورت بگیرد که ما جیره را براساس مقادیر بالای فیبر غیر علوفه ای بالانس نموده ایم، چرا که این اقلام خوراکی حاوی مقادیر پایین از فیبر موثر می باشند.

فیرکینز (۱۹۹۲) پیشنهاد نمود که پتانسیل تخمیر پذیری فیبر موجود در بسیاری از این خوراکها بالا بوده و نرخ هضم فیبر در آنها در مقایسه با اغلب علوفه های معمول، آهسته تر می باشد. ویژگی های دیگری که در بسیاری از این خورکها وجود دارند، دانسیته بالا و اجزاء ریز موجود در آنها می باشند که منجر به کاهش زمان ماندگاری آنها در شکمبه و افزایش نرخ عبور آنها می گردند (ویدنر وگرنت، ۱۹۹۴).

ناکامورا و اون (۱۹۸۹) گزارش نمودند که نرخ عبور پوسته سویا ۸ درصد افزایش نشان داد در زمانی که مقادیر پوسته سویا جیره از ۵۰ درصد به ۹۵.۳ درصد افزایش یافت. طبق محاسبات آنها حتی یک افزایش ۸٪ در نرخ عبور می تواند به طور قابل توجهی محتوای هضم شکمبه ای NDF را کاهش دهد. اگرچه مقداری از هضم در بخشهای پایینی دستگاه گوارش جبران می شود (ساروار و همکاران ، ۱۹۹۲)، افزایش سرعت عبور شاید

مهمترین عامل سهیم در کاهش هضم NDF و ADF برای جیره های با پوسته سویا بالا باشد (ناکامورا و اون، ۱۹۸۹). با توجه به آنچه گفته شد یعنی رقابت بین هضم شکمبه ای و نرخ عبور در استفاده از منابع فیبری غیر علوفه ای مورد انتظار می باشد.

۲-۲- تولید پس ماند تقطیری غلات وسایر فرآورده های جنبی تولید الکل

تولید الکل از دانه غلات شامل تبدیل نشاسته به الکل توسط هیدرولیز آنزیمی وتخمیر مخمرها صورت می گیرد. در پایان پروسه تخمیر، الکل توسط تقطیر با بخار، جدا و باقیمانده مواد که که حالت خمیری دارند، توسط پرس شدن به ۲ قسمت مجزای پساب (Thin Stillage) و پس ماند تقطیری (Distillers Grains) تبدیل می شوند. در برخی از کارخانجات، پساب سانتریفوژ شده و به ۲ بخش مایع (Distillers Solubles) وجامد (Centrifuged Solids) تبدیل می شوند (وو وهمکاران،۱۹۸۴؛ لی و همکاران، ۱۹۹۱). هم وهمکاران (۱۹۹۴) روش دیگری را برای تولید الکل معرفی نموده اند که در این روش، مواد اولیه تخمیر شده، بعد توسط عمل پرس کردن فشرده شده و به ۲ بخش جامد پس ماند تقطیری دانه غلات (Distillers grains) و مایع تقسیم می شوند که الکل توسط عمل تقطیر از بخش مایع جدا ومحلول باقیمانده به عنوان پساب (Thin Stillage) مورد استفاده قرار می گیرند.

در کارخانجات تولید الکل، فر آورده های جنبی به صورت مجزا و یا به صورت مخلوط با هم با توجه به نوع تقاضای واحدهای پرورش دام به بیرون عرضه می گردند. پساب می تواند به تنهایی و به صورت مایع مورد تغذیه گاوهای پرواری واقع شود، حتی می توان در شرایطی آنها را جایگزین آب مصرفی نمود و یا اینکه پس از خروج مقداری از آب توسط تبخیر، تولید پساب تغلیظ شده نموده (condensed distillers soluble) که به DG مرطوب (WDG) در نسبتهای مختلفی اضافه شده که بعد از خشک شدن (Drying)، تولید محصول DDG همراه با محلول (DDGS) نماید، که در این صورت ترکیب DDGS وابسته به درصدی از پساب است که به WDG اضافه شده است.

با توجه به اینکه در روش معمول تولید الکل از غلات، قبل از شروع فر آیند تخمیر، دانه غلات حرارت دیده و بخار پز می شوند، از دو جنبه این عمل مورد اشکال قرار گرفته است. اول؛ از لحاظ مصرف انرژی و دوم؛

از لحاظ ارزش تغذیه ای پروتئین های باقیمانده در محصولات که به خاطر حرارت بالا مقداری دناتوره شده و از میزان جذب آنها در بدن نشخوارکنندگان کاسته می شود (پناپلوم وهمکاران، ۲۰۰۴؛ کلین اسمیت و همکاران، ۲۰۰۶)، لذا روشهای جدیدی برای بهبود صنعت تولید الکل مورد استفاده قرار گرفته است، که از آن جمله می توان به بکارگیری هیدرولیز نشاسته خام به جای حرارت اولیه اشاره نمود (ونگ وهمکاران، ۲۰۰۷).

روشی دیگری که در صنعت اتانول سازی از ذرت مورد استفاده قرار می گیرد شامل تفکیک دانه کامل به ۳ بخش؛ پوسته، جنین و اندوسپرم می باشد (مرسی وهمکاران، ۲۰۰۸). اندوسپرم طبق روشهای جدید و با استفاده از حرارت محدود قبل از فر آیند تخمیر، تولید الکل نموده که پس ماند تقطیری حاصل، نسبت به سایر محصولات مشابه، میزان پروتئین بالاتری را دارا می باشد (HPDDG). جنین دانه نیز طی پروسه ای آب خود را از دست داده و جامد شده، که محصول حاصل، کنجاله جوانه ذرت (Corn germ meal) می باشد.

۲-۳- غلات مورد استفاده برای تولید الکل و فرآورده های جنبی حاصل

ذرت به دلیل فراوانی تولید وهمچنین میزان بیشتر تولید الکل نسبت به سایر غلات معمول ترین ماده اولیه برای تولید الکل به شمار می آید (آینس وهمکاران، ۱۹۸۶). در غرب کانادا به دلیل اینکه گندم فراوان ترین محصول غلات می باشد، از آن برای تولید الکل استفاده می شود. نسبتهای متفاوتی از جو، تریتکاله، چاودار و سورگوم نیز معمولا همراه با ذرت یا گندم مورد استفاده قرار می گیرند.

محصولات جنبی تولید الکل به خاطر سطوح بالای پروتئین عبوری (RUP) و فیبر با قابلیت هضم بالا اغلب به عنوان منابع عالی پروتئین و انرژی برای نشخوارکنندگان مطرح م ی باشند (مصطفی وهمکاران ، ۲۰۰۰a).

پساب و DG، اصلی ترین فرآورده جنبی باقیمانده حاصل از تخمیر می باشند. سهم این محصولات از دانه اولیه بین ۲۹ (ذرت) تا ۴۱ درصد (جو) (بر حسب ماده خشک) می باشد (جدول ۲-۱).

بیشترین سهم از مواد باقیمانده در جو نسبت به سایر غلات، به خاطر سهم بالای پوسته در این دانه می باشد. DG بیشترین سهم از مواد باقیمانده را به خود اختصاص می دهد ونسبت DG به پساب در اغلب دانه ها مشابه می باشد (جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱. مواد باقیمانده حاصل از تقطیر الکل غلات

	دانه غلات			
	گندم[۱]	جو[۲]	ذرت[۳]	سورگوم[۴]
باقیمانده های حاصل از تخمیر (درصد از دانه)	۳۵	۴۱	۲۹	۳۲
پس ماند تقطیری (درصد از مواد باقیمانده)	۷۶-۷۴	۷۲	۷۲-۶۹	۷۱
پساب (درصد از مواد باقیمانده)	۲۶-۲۱	۲۸	۳۱-۲۹	۲۹

۱- وو و همکاران (۱۹۸۴)؛ لی وهمکاران (۱۹۹۱)
۲- وو (۱۹۸۶)
۳- وو (۱۹۸۶)؛ لی وهمکاران (۱۹۹۱)
۴- وو و همکاران (۱۹۸۴)

۲-۴- ترکیب شیمیایی پساب

ترکیب شیمیایی فر آورده های جنبی تولید الکل تحت تاثیر نوع دانه، فلور میکروبی و همچنین راندمان تبدیل نشاسته به الکل متفاوت می باشد (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲. ترکیب شیمیایی پساب و پس ماند تقطیری نسبت به دانه اولیه (% DM)

	گندم			جو			ذرت		
	دانه[۱]	پساب[۲]	پس ماند تقطیری[۳]	دانه[۱]	پساب[۲]	پس ماند تقطیری[۴]	دانه[۱]	پساب[۵]	پس ماند تقطیری[۱]
Ash	۲	۸	۴	۳	۱۰	۴	۲-۱	۷	۵
EE	۲	۱۴	۴	۲	۱۳	۶	۳-۵	۹	۱۰
NDF	۱۶	۳۴	۷۴	۲۴	۳۲	۸۰	۱۱-۱۰	۱۳	۵۰
ADF	۳	۴	۲۲	۷	۸	۳۱	–	–	–
CP	۱۶	۴۶	۲۶	۱۲	۳۷	۱۵	۹-۱۰	۱۹	۳۰
نشاسته	۶۳	۲	۲	۵۳	۱	۱	۷۰	۲۵	۶
کل کربوهیدراتها	۸۰	۳۲	۶۴	۸۲	۴۰	۷۵	۸۴	۶۵	۶۰
NSC[۶]	۶۵	۲۸	۷	۶۴	۳۸	۴	۷۷	–	۳۳

۱- بر گرفته از اسنیفن وهمکاران (۱۹۹۲).
۲- بر گرفته از مصطفی و همکاران (۱۹۹۹).
۳- بر گرفته از اجوی و همکاران(۱۹۹۷).
۴- بر گرفته از مصطفی و همکاران (۲۰۰۰a).
۵- بر گرفته از هم و همکاران (۱۹۹۴).
۶- کربوهیدراتهای غیر ساختمانی

پساب نسبت به DG میزان کمتری از CP ومیزان بالاتری از EE و فسفر را دارا می باشد، لذا محصولات DG حاوی پساب (DGS) نسبت به DG میزان CP پایین تر و EE وفسفر بالاتری را دارا می باشند (مصطفی و

همکاران، ۱۹۹۹) جز DGS گندم، که افزودن پساب به آنها میزان CP و EE را همزمان با هم بالا می برد (مصطفی و همکاران، ۲۰۰۰a). معمولا پساب حاصل از گندم بیشترین میزان CP و EE را دارا می باشد در حالی که پساب حاصل از ذرت کمترین میزان CP و NDF را دارا می باشد (جدول ۲-۲). به خاطر میزان بالای پوسته در دانه جو، پساب جو دارای میزان کمتری از CP و بالاتری از NDF نسبت به پساب حاصل از گندم می باشد. بیشتر از ۶۰ درصد از CP موجود در پساب با NDF موجود در آن متصل می باشد و NPN بیشترین میزان از پروتئین های محلول را تشکیل می دهد (مصطفی و همکاران، ۱۹۹۹).

میزان نشاسته در پساب برای اغلب دانه ها پایین می باشد (جدول ۲-۲)، هر چند که در بعضی گزارشات میزان نشاسته موجود در پساب ذرت بالا گزارش شده است (جدول ۲-۲) که این معمولا به دلیل تفاوت در روش تقطیر الکل می باشد.

ترکیب AA موجود در پساب به طور زیادی شبیه ترکیب دانه اولیه می باشد. اسید گلوتامیک فراوان ترین AA در پساب می باشد وبه دنبال آن پرولین در گندم و جو و لوسین در ذرت و سورگوم می باشد. در کل پساب حاصل از جو بالاترین میزان ترکیبات AA را نسبت به پساب گندم وذرت دارا می باشد (مصطفی وهمکارن، ۱۹۹۹؛ وو و همکاران، ۱۹۸۶).

۲-۵- ترکیب شیمیایی پس ماند تقطیری

اصلی ترین بخش از ماده خشک DG را کربوهیدراتها (۵۰ تا ۷۵ درصد) تشکیل می دهند که کمتر از ۳۰ درصد آن را کربوهیدراتهای غیر ساختاری (NSC) تشکیل می دهند (جدول ۲-۲). DG مشتق شده از گندم و جو NDF مشابه ای دارند که بالاتر از NDF موجود در DG ذرت می باشد (جدول ۲-۲) ، اگر چه مشخصه DG جو داشتن میزان بالایی از ADF می باشد (مصطفی و همکاران، ۲۰۰۰a). همه DG حاوی سطوح پایینی از نشاسته می باشند که بعضی از آنها همراه با آلودگی میکروبی یا مخمری نیز می باشند.

محتوای CP در میان و حتی درون انواع DG متفاوت می باشد (جدول ۲-۲). به طور کلی DG جو دارای کمترین میزان CP می باشد در حالی که DG گندم وذرت دارای درصد بالایی از CP می باشند (جدول ۲-۲). همانند پساب ، NDIP (پروتئین متصل به دیواره) اصلی ترین بخش پروتئینی موجود در DG می باشد (مصطفی و همکاران، ۲۰۰۰ a)، اگر چه سهم سایر بخش های پروتئینی در انواع DG نسبتا متفاوت می باشد. همانند

پساب، مقدار قابل توجهی از CP موجود در DG متصل به NDF می باشد. تصحیح برای CP باند شده، میزان NDF را در DG گندم، چاودار، تریتیکاله وجو به ترتیب ۲۳، ۲۲، ۲۶ و ۱۸ درصد کاهش داد (مصطفی و همکاران، b ۲۰۰۰). تفاوتهای CP موجود در میان هر نوع از DG غلات را می توان به تفاوتهای موجود در پروسه های تخمیر، فلور میکروبی و شکل عرضه آنها در بازار (همراه یا بدون پساب) نسبت داد. برای مثال؛ WDG مشتق شده از تخمیر گندم سخت میزان بالاتری از CP (۳۲ درصد) نسبت به گندم نرم (۲۵ درصد) دارد ویا DG میزان بالاتری از CP در مقایسه با DGS دارد (وو و همکاران، ۱۹۸۴؛ لی وهمکاران، ۱۹۹۱). مقداری از تفاوتهای گزارش شده در میزان CP موجود در DG، مربوط به روش تخمیر دانه ها می باشد. مطالعاتی که در مقیاس آزمایشگاهی به تخمیر دانه ها پر داخته اند (وو و همکاران، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۶؛ لی وهمکاران، ۱۹۹۱) داده های متفاوتی را با دادهای حاصل از مطالعات بر روی DG تولید شده در مقیاس صنعتی (اجوی و همکاران، ۱۹۹۷؛ مصطفی و همکاران، ۱۹۹۹) ارایه کرده اند.

همانند پساب ، در DG میزان آمینو اسید گلوتامیک بیشترین فراوانی را دارا می باشد. پروفایل آمینو اسید موجود در دانه جو تا حد زیادی مشابه پروفایل آن در دانه اولیه می باشد در حالی که DG گندم حاوی سطوح بالاتری از آمینو اسید لایزین، ترئونین و ایزولوسین نسبت به دانه گندم می باشد (وو و همکاران ، ۱۹۸۴). وو (۱۹۸۶) تاکید نمود که DG جو حاوی پروفایل آمینو اسیدی بهتری نسبت به گندم می باشد، همانطور که مصطفی (a۲۰۰۰) غلظت بالاتری از پروفایل آمینو اسیدی را در WDG بر پایه جو نسبت به گندم گزارش نمود.

۲-۶- ارزش RUP در پس ماند تقطیری دانه غلات

به طور معمول DDG به عنوان یک منبع عالی از RUP (۵۵ درصد از CP) مورد توجه می باشد (شینگوات وهمکاران، ۲۰۰۹؛ هم وهمکاران، ۱۹۹۴؛ آینس وهمکاران، ۱۹۸۶). اگر چه شاخص RUP در DDG به میزان زیادی وابسته به مقدار حرارتی است که طی خشک کردن آن مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین میزان شیرابه ای که به آن افزوده می شود.

حرارت دادن همانطور که مشخص است، میزان RUP را در DDG بالا می برد (بیلا واینگالس، ۱۹۹۴)، در مقابل، WDG که حرارت ندیده است به عنوان یک منبع ضعیف از RUP شناخته شده است (اجوی

وهمکاران، ۱۹۹۷؛ مصطفی وهمکاران، a ۲۰۰۰). به طور مثال RUP در DDG ذرت به طور معمول ۴۷ تا ۶۴ درصد از میزان CP را به خود اختصاص داده است که میزان آن در WDG حدود ۵ تا ۸ درصد کمتر می باشد (شینگوات وهمکاران، ۲۰۰۹؛ فیرکینز وهمکاران، ۱۹۸۴). تفاوت بوجود آمده در میزان RUP موجود در DDG را می توان به شکل گیری سطوحی از پروتئین غیر قابل هضم (ADIP) در اثر حرارت دراین محصولات نسبت داد. اگر RUP در DDG به طور غیر معمولی بالا باشد (به طور مثال بیشتر از ۸۰ درصد)، می تواند به خاطر خسارت حرارتی بالا در نتیجه افزایش ADIP باشد (کلین اسمیت وهمکاران،۲۰۰۷).

در حرارتهای بالا، گروه های آمین از آمینو اسید (بخصوص لیزین) با قند موجود انجام واکنش میلیارد داده و ایجاد کمپلکس می کنند (شیور وهمکاران، ۱۹۸۶)، لذا با آنکه محصولات DDG از لحاظ متیونین غنی می باشند، از نظر تامین لیزین محدود کننده می باشند (اسید آمینه لیزین اولین اسید آمینه محدود کننده در این محصولات می باشد).

امروزه با پیشرفت صنایع اتانول سازی و کاهش خسارت حرارتی، کیفیت پروتئین آنها افزایش و سطوح فراوان تری از لیزین در DDG موجود می باشد. اگر چه رنگ محصولات نشانه خوبی برای تعیین خسارت حرارتی می باشد اما بعضی از اوقات افزایش تیره گی بیانگر دقیق میزان خسارت حرارتی نمی باشد (پاورز وهمکاران، ۱۹۹۵).

۲-۷- قابلیت هضم فیبر پس ماند تقطیری دانه غلات

در بسیاری از فرآورده های جنبی، بالا بودن فیبر موجود به دلیل پایین بودن قابلیت هضم فیبر آنها یک معضل در تغذیه آنها محسوب می شود، هر چند این امر در مورد DG صادق نمی باشد. میزان انرژی بالا در این محصولات را می توان به میزان فیبر با قابلیت تجزیه بالا (به دلیل میزان پایین لیگنینی شدن فیبر موجود در آنها) و همچنین میزان چربی (Fat) موجود در آنها (به خصوص در محصولات DGS) نسبت داد.

به دنبال ۲۴ ساعت از انکوباسیون شکمبه ای ، حدود ۷۷ درصد از NDF پس ماند تقطیری ذرت (CDG) مورد تجزیه واقع شد (وگرا و هوور، ۱۹۸۳؛ تدشای وهمکاران، ۲۰۰۹) که این قابل قیاس با ۴۸ درصد در سبوس گندم که میزان مشابه ای NDF با DG دارد می باشد. همچنین نتایج مشابه ای نیز توسط فیرکینز (۱۹۸۵)

گزارش شد که در مقایسه تجزیه پذیری شکمبه ای DG خشک و مرطوب ذرت به ترتیب ۷۷ و ۷۹ درصد را به دنبال ۳۶ ساعت انکوباسیون شکمبه ای نشان می داد. در پژوهش دیگری که توسط اجوی (۱۹۹۷) بر روی تجزیه پذیری شکمبه ای NDF محصولات WDG و WBG (پس ماند مالت مرطوب) گندم صورت گرفت، پتانسیل تجزیه پذیری فیبر را برای DG، ۴۵ درصد گزارش نمودند که بالاتر از ۳۸ درصد برای BG می باشد. این علیرغم نرخ بالای تجزیه پذیری فیبر برای BG (۴/۵ درصد بر ساعت) در مقایسه با DG (۲/۷ درصد بر ساعت) می باشد.

میزان قابلیت هضم فیبر در کل لوله گوارشی برای DDG نیز بالا می باشد. این در گزارش ویس وهمکاران (۱۹۸۹) مشهود می باشد که در آن قابلیت هضم NDF را در کل لوله گوارشی حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد گزارش نمودند. هم و همکاران (۱۹۹۴) میزان قابلیت هضم NDF در کل لوله گوارشی را برای DDG ذرت در یک آزمایش متابولیسمی تعیین نمودند که در آن یکسری محصولات جنبی جایگزین ۴۰ درصد ذرت غلطک زده شده بودند. گوساله های پرواری که جیره بر پایه WDG را مورد استفاده قرار داده بودند میزان بالاتری از قابلیت هضم NDF (۷۰ درصد) را نسبت به گوساله هایی که جیره شاهد (۶۳ درصد) یا جیره بر پایه خورک گلوتنه ذرت (۶۳ درصد) را دریافت نموده بودند، داشتند.

آزمایش مشابه دیگری که توسط برکل و همکاران (۲۰۰۴) به انجام رسید، میزان قابلیت هضم ظاهری NDF در کل لوله گوارشی گاوهای شیری برای جیره هایی که در آنها دانه ذرت و کنجاله سویا با DDG مرطوب جایگزین شده بودند، در مقایسه با کنترل بیشتر گزارش شد (۶۰/۶ در برابر ۴۹/۲ درصد) که افزایش پتانسیل تجزیه پذیری NDF را به میزان کمتر نشاسته و NFC در جیره های با مقدار کمتر دانه و اثر افزایشی آن بر pH شکمبه نسبت داده می شود.

برخلاف قابلیت هضم پروتئین، قابلیت هضم NDF در DG به نظر می رسد که کمتر توسط نوع دانه مورد استفاده در فرایند تخمیر یا پروسه حرارتی مورد استفاده تحت تاثیر قرار بگیرد. در آزمایشی که توسط لودژ و همکاران (۱۹۹۷) بر روی بره های آمیخته برای تعیین قابلیت هضم مواد مغذی DDG سورگوم نسبت به ذرت در کل لوله گوارش صورت گرفت، قابلیت هضم NDF در کل لوله گوارشی برای این ۲ فرآورده تقریبا یکسان

بود، هر چند در پژوهش نوز ارتین و یو (۲۰۰۹) قابلیت هضم NDF تفاله تخمیری خشک حاصل از گندم و ذرت را پس از ۴۸ ساعت از انکوباسیون شکمبه ای، به ترتیب ۶۳/۵ و ۷۹/۴ درصد گزارش شده بود.

۲-۸- بررسی ویژگی های تولید گاز و پارامترهای تجزیه پذیری پس ماند تقطیری دانه غلات در شرایط درون جامی

با مشخص نمودن غلظت مواد مغذی موجود خوراکها، تا حدود زیادی می توان آنها را مورد ارزیابی قرار داد. در مورد نشخوارکنندگان، با توجه به اینکه خوراکها ابتدا در شکمبه تحت تخمیر میکروبی قرار گرفته وسپس هضم معدی بر روی آنها صورت می پذیرد، وضعیت کمی متفاوت می باشد؛ چرا که در این حالت، میزان تجزیه پذیری مواد مغذی در شکمبه است که نقش اصلی را در مورد استفاده قرار گرفتن آنها توسط بدن تعیین می کند.

روشهای متعددی برای برآورد میزان تجزیه پذیری شکمبه ای مواد مغذی خوراکها موجود می باشد، که در این میان روشهای درون جامی (*In Vitro*) و از آن جمله روش تولید گاز (*Gas Production*)، یکی از سهل الوصول ترین، کم زحمت ترین و تکرار پذیر ترین روشهای مطرح در این زمینه می باشد. روش تولید گاز در شرایط درون جامی، روشی با قابلیت بالا در بر آورد و ارزیابی خوراکها (منک و استین گس ، ۱۹۸۸؛ بلومل و ارسکو، ۱۹۹۳؛ هرو وهمکاران، ۱۹۹۶؛ گتاچو و همکاران ، ۲۰۰۴) می باشد، همانگونه که روشی مناسب برای برآورد میزان و نرخ تجزیه پذیری مواد مغذی موجود در خوراکها می باشد (گروت و همکاران، ۱۹۹۶). میزان گاز تولیدی رابطه مستقیمی با میزان تجزیه پذیری خوراکها در شکمبه و بررسی آن در طول زمان، روشی برای تعیین نرخ تجزیه پذیری خوراکها می باشد (اسکافیلد و پل، ۱۹۹۵).

آزمایش های اندکی در زمینه تخمین نرخ تجزیه پذیری ماده خشک وتعیین پارامترهای مربوط به تولید گاز با تاکید ویژه بر DG موجود می باشد. تدشای وهمکاران (۲۰۰۹) دینامیک تولید گاز ۴ محصول جنبی تولید الکل از ذرت (Corn milling co products) شامل؛ پوسته ذرت (Corn Bran)، CDDGS، کنجاله جنین ذرت (Corn germ meal)، HPCDG و همچنین تاثیر پروسه های چربی زدایی (*Defatting*) و شستشو با شوینده خنثی بدون استفاده از سدیم سولفات را در مورد این فرآورده ها به بررسی پرداختند. علوفه یونجه به

عنوان نمونه استاندارد همراه با این فرآورده ها طی یک دوره ۲۴ و ۴۸ ساعته مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزایش محتوای ADIN در این محصولات تولید گاز به صورت مستقیم، ولی قابلیت تجزیه پذیری ماده خشک (IVDMD) به صورت درجه دوم کاهش یافت. IVDMD در دوره ۲۴ ساعته برجسته تر از دوره ۴۸ ساعته بود که نشان می دهد این محصولات در مدت زمان کوتاه تری به حداکثر پتانسیل هضمی خود می رسند. مقدار ADIN به عنوان یک شاخص از خسارت حرارتی پروتئین در DG به علت شکل گیری واکنش میلیارد مطرح می باشد (مصطفی وهمکاران، ۲۰۰۰a). در اثر این واکنش برآورد NDF، کمی بیشتر از مقدار واقعی آن می باشد (ون سوست، ۱۹۹۴). میزان ADIN به طور مستقیم سبب کاهش تجزیه پذیری پروتئین علوفه (r=0.93؛ یو و توماس، ۱۹۷۶) و منابع فیبری غیر علوفه ای (r=0.81؛ ناکامورا وهمکاران، ۱۹۹۴) می شود، هر چند شواهدی وجود دارد که نشان می دهد ADIN موجود در DG به طور کامل تجزیه ناپذیر نیست و تنها حدود ۶۰ درصد آن در DG قابل تجزیه می باشد (ون سوست، ۱۹۹۴). ماهیت ADIN که درنتیجه خسارت حرارتی پروتئین در DG شکل می گیرد با ADIN موجود در علوفه های آمونیاکی و سیلوها متفاوت می باشد (ون سوست، ۱۹۹۴). تدشای وهمکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که همراه با افزایش میزان ADIN در نمونه ها، میزان کاهش IVDMD در زمان ۲۴، برجسته تر از زمان ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون می باشد، لذا در محصولات با میزان بالاتر ADIN، مقدار بیشتری از IVDMD به زمانهای انتهایی انکوباسیون منتقل می شود.

محصولات چربی زدا شده (Defatted) و باقیمانده حاصل از شوینده خنثی (NDR) تاثیر مثبتی بر پتانسیل تولید گاز در مقایسه با محصولات اولیه داشته و بیانگر رشد بهتر میکروارگانیزمهای شکمبه در این محصولات می باشد. فرآورده های اولیه نسبت به سایر فرآوردهای چربی زدا شده و NDR، نرخ تولید گاز بیشتری را دارا بودند که به میزان بالاتر غلظت NFC در آنها نسبت داده شد. در مقایسه با علف یونجه، تمامی این محصولات وحتی آنهایی که چربی زدایی شده و میزان فیبرشان افزایش یافته بود، میزان نرخ تجزیه پذیری بالاتری را دارا بودند، به طوری که کنجاله جنین ذرت سریعترین نرخ تجزیه پذیری را دارا بود. انجام پروسه چربی زدایی به دلیل حذف کامل چربی ها و تاثیر مثبت آن بر اتصال میکروارگانیزمها به ذرات خوراک و همچنین حذف اثر منفی UFA بر فعالیت میکروارگانیزمها، موجب گردید محصولات بدون چربی در مقایسه با محصولات اولیه و NDR، فاز تاخیری (Lag Time) کوتاه تری داشته باشند.

ویلیامز وهمکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی مشابه پژوهش تدشای وهمکاران (۲۰۰۹)، تاثیر اثر فرایند چربی زدایی را بر CDDGS، HPCDG و علف یونجه به عنوان استاندارد را از لحاظ میزان pH، ویژگی های تولید گاز و رشد جمعیتهای میکروبی شکمبه مورد بررسی قرار دادند. میزان pH در بین CDGS و HPCDG تفاوت معنی داری نداشت، فقط در زمان ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون میزان pH مقداری پایین تر (۶/۵۶ در برابر ۶/۴۶) گزارش شد، که محقق این موضوع را به خاطر تجمع VFA در محیط درون جامی به دلیل بسته بودن شرایط آن دانست. هر چند، تغییرات pH در دامنه ۶/۲ تا ۷ تاثیر اندکی بر فعالیت میکروبی باکتریهای شکمبه دارد (شیور و همکاران، ۱۹۸۶). پروسه چربی زدایی قبل از انکوباسیون تاثیری بر مجموع تولید گاز هر ۲ فرآورده DG نداشت، که این موضوع را می توان به کامل شدن تخمیر در مدت زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون برای این محصولات و همچنین بسته بودن شرایط و نبود نرخ عبور مشابه شرایط طبیعی دانست. محصولات چربی زدا شده در مقایسه با محصولات اولیه نرخ تولید گاز (P=0.03) و فاز تاخیری (p<0.01) کوتاه تری داشتند، هر چند نرخ تولید گاز در آنها بالاتر از علوفه یونجه بود. پایین بودن فاز تاخیری در محصولات چربی زدایی شده، یعنی شروع زودتر تجزیه آنها در محیط شکمبه و از طرفی بالا بودن فاز تاخیری در محصولات اولیه را می توان به اثر ممانعتی اسیدهای چرب آزاد و بخصوص بلند زنجیرها، در تشکیل کلنی و رشد میکروفلورا شکمبه دانست. نویسنده، بالا بودن (P=0.02) نرخ تولید گاز در محصولات اولیه نسبت به محصولات چربی زدا شده را (بخصوص در HPCDG) افزایش میزان فیبر موجود در نمونه ها به خاطر خروج چربی از ترکیب آنها دانسته است.

کویین و همکاران (۲۰۱۰a) نمونه های حاوی ۰ تا ۳۰ درصد از ماده خشک CDDGS و یا SDDGS را در یک طرح فاکتوریل جایگزین مقادیر متفاوت از ذرت فرآوری شده (ذرت بخار پز شده (SFC) جایگزین ذرت بلغور (GC)) کردند و از نظر ویژگی های تولید گاز وتجزیه پذیری در مدت زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون مورد بررسی قرار دادند. با افزایش میزان DG (هر ۲ نوع) از ۰ تا ۳۰ درصد از ماده خشک نمونه ها، میزان تولید گاز به خاطر افزایش میزان فیبر و کاهش NFC، به صورت خطی (P<0.05) کاهش نشان داد که این با نتایج حاصل از تحقیقات لیویک وهمکاران (۲۰۰۹) وهمچنین می وهمکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد. میزان IVDMD با افزایش میزان CDDGS، تفاوت معنی داری نشان نداد، هر چند که با افزایش درصد SDDGS در نمونه ها،

تمایل به افزایش داشت. مطالعات گذشته، غالبا با افزایش میزان DDG در نمونه ها، کاهش IVDMD را گزارش نموده اند (لی‌بویک و همکاران، ۲۰۰۹؛ می و همکاران، ۲۰۱۰). میزان فاز تاخیری در این آزمایش چه بصورت خطی و چه به صورت درجه دوم معنی دار نبود، هرچند که میزان آن در نمونه های حاوی ۳۰ درصد DDG وهمچنین نمونه های دارای ۵۰ درصد SFC بیشترین بود. مشابه این نتایج توسط لی‌بویک و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر غیر معنی دار بودن اثر DDG و SFC بر فاز تاخیری را گزارش نمودند. نرخ تولید گاز (%/h) برای جیره های حاوی ۱۰۰ درصد SFC متمایل به افزایش بود، به گونه ای که با جایگزین کردن SFC با GC بصورت درجه دوم کاهش نشان می داد (P=0.06). میزان DDG تاثیری بر نرخ تولید گاز نداشت. نتایج حاصل از نرخ تولید گاز نتایج حاصله از IVDMD را تایید می کند، هر چند که با داده های حاصل از گاز تولیدی، همخوانی ندارد، چرا که در آن فراوری دانه ها تاثیری بر میزان گاز تولیدی نداشت. اطلاعات قابل استناد ومحکم بدست آمده از مطالعات قبلی بر این نکته تاکید دارند که، با افزایش میزان ژلاتینه شدن دانه های نشاسته بر اثر فرآوری (SFC)، خصوصیات تخمیری چه در شرایط In vitro و چه In vivo افزایش نشان می دهد (لی‌بویک و همکاران، ۲۰۰۹؛ می و همکاران، ۲۰۱۰)، هر چند در آزمایشات In vitro به دلیل بسته بودن شرایط و باقی ماندن فرآورده های حاصل از تخمیر، امکان اختلاف بین داده ها ممکن می باشد.

در آزمایش دیگری که توسط کویین و همکاران (۲۰۱۱) صورت گرفت، به بررسی تاثیر انواع علوفه و مقادیر متفاوت پس ماند تقطیری مرطوب به همراه محلول (WDGS) (۰، ۱۵ و ۳۰ درصد از ماده خشک جیره) در یک جیره بر پایه خوراک گلوتنه ذرت، بر ویژگی های تخمیر در شرایط برون تنی پرداختند. میزان IVDMD، تولید تجمعی گاز، فاز تاخیری و نرخ تولید گاز برای جیره های حاوی مقادیر متفاوت از DDG یکسان گزارش شد و هیچ تداخلی از غلظت DDG در زمان انکوباسیون مشاهده نشد.

منک و استینگاس (۱۹۸۸) یک رابطه قوی بین انرژی قابل متابولیسم (ME) محاسبه شده از طریق آزمایشات درون تنی و همچنین اطلاعات بدست آمده از تولید گاز در شرایط برون تنی در مدت زمان ۲۴ ساعت از انکوباسیون و ترکیب شیمیایی خوراکها بدست آوردند. تولید گاز در شرایط درون جامی برای ارزیابی ME خوراکها در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (گتاچو و همکاران، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲).