نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۲۸ شماره ۲/ سال۱۳۹۷/ صفحات ۱۵۹ تا ۱۷۶

استفاده از تکنیک تولید گاز جهت تعیین ارزش تغذیه‌ای و پیش بینی تخمیری کنجاله ذرت و مقایسه آن با برخی واریته‌های غلات

محمد حسین سیرجانی[۱]، مهدی کاظمی بن چناری[۲*]، فرهنگ فاتحی[۳]، محمدحسین مرادی[۴] و هریندر ماکار[۵]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی دانشگاه اراک
[۲] دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه اراک
[۳] استادیار گروه علوم دامی دانشگاه تهران
[۴] استادیار گروه علوم دامی دانشگاه اراک
[۵] استاد بخش غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد(FAO)، رم، ایتالیا
* مسئول مکاتبه: Email:m-kazemibonchenari@araku.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: کنجاله ذرت (*Corn Meal*) یکی از محصولات جانبی فرآوری ذرت می‌باشد که به عنوان خوراک نسبتا جدیدی مطرح شده است. بر این اساس نیاز به پژوهش‌های بیشتری در مورد ارزش تغذیه‌ای آن وجود دارد. **هدف**: تعیین ارزش غذایی کنجاله ذرت، پیش بینی مقدار توده میکروبی به همراه غلظت اسیدهای چرب فرار با استفاده از تکنیک تولید گاز بود. **روش کار**: تیمارهای مورد نظر در مطالعه حاضر به ترتیب شامل؛ ۱) کنجاله ذرت، ۲) دانه جو آسیاب شده، ۳) آرد ذرت (حاوی نشاسته نسبتا شیشه‌ای)، ۴) آرد ذرت (حاوی نشاسته شیشه‌ای)، ۵) ذرت آسیاب شده (دارای نشاسته آردی)، ۶) آرد ذرت دنت، و ۷) نشاسته خالص ذرت بودند. **نتایج**: نتایج نشان داد که کنجاله ذرت کمترین حجم گاز تولیدی از بخش سریع تجزیه را داشته و ذرت با نشاسته آردی بالاترین نرخ تولید گاز را داشت. کنجاله ذرت بالاترین مقدار تولید گاز از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین را داشت اما مقدار کل گاز تولیدی در تیمارهای مختلف برابر بودند. نتایج پیش بینی شده نشان داد که قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کنجاله ذرت از همه واریته های غلات کمتر بود. همچنین میزان انرژی قابل متابولیسم کنجاله ذرت (۱۰/۳۰ مگاژول به ازای هر کیلوگرم ماده خشک) و غلظت اسیدهای چرب فرار (۱/۱۰ میلی مول) نیز در بین تیمارها کمترین بود. دانه ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای با ۱/۳۲ میلی مول دارای بالاترین غلظت پیش بینی شده اسیدهای چرب فرار در بین تیمارها بود. مقدار توده میکروبی پیش بینی شده در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. **نتیجه گیری نهایی**: نتایج نشان داد که کنجاله ذرت از نظر سطح انرژی و همچنین ارزش تغذیه ای کمتر از دانه جو و واریته های دانه ذرت می باشد و در مطالعات بعدی نیاز به بررسی تغذیه‌ای برروی دام‌ها و تعیین عملکرد دام‌ها می‌باشد.

واژگان کلیدی: تولید گاز، کنجاله ذرت، واریته‌های ذرت، نشاسته

مقدمه

نشاسته به عنوان مهمترین منبع تامین‌کننده انرژی در جیره نشخوارکنندگان پرتولید می‌باشد. در بیشتر گزارش‌های انجام شده میزان نشاسته ذرت بیشتر از گونه‌های متفاوت جو و گندم بوده است. در گزارش زبلی و همکاران (۲۰۱۰) نشاسته مربوط به ذرت، گندم، جو به ترتیب برابر ۷۰/۳، ۶۷/۶ و ۵۷/۸ درصد بیان شده است. نشاسته موجود در غلات گاهی با پروتئین‌ها و یا حتی لیپیدها پیوند دارند (بالدوین و همکاران ۲۰۰۱، اسوینهوس و همکاران ۲۰۰۵) که این مطلب سبب کاهش قابلیت دسترسی و هضم نشاسته و مواد مغذی دیگر خواهد شد (دکارت و همکاران ۲۰۱۳). دانه ذرت به علت نرخ تجزیه‌پذیری پایین‌تر آن نسبت به جو (گوژو و موستانگا ۲۰۰۸) در گاوهای شیرده مشکلات متابولیکی کمتری ایجاد می‌نماید و بنابراین ممکن است مطلوب‌تر به نظر برسد (نوسک ۱۹۹۷؛ کلارک و دیویس ۱۹۸۳). اما از طرف دیگر بایستی هضم شکمبه‌ای به منظور سنتز حداکثری پروتئین میکروبی افزایش یابد و کاهش تجزیه پذیری نشاسته در شکمبه سبب کاهش سنتز پروتئین میکروبی خواهد شد (کاظمی بنچناری و همکاران ۲۰۱۷) که مطلوب نمی‌باشد. مشخص گردیده است که میزان پوشانندگی نشاسته و پروتئین ذرت نسبت به غلات دیگر و از جمله جو بیشتر است و ممکن است انجام انواع فرآوری‌ها تأثیر مثبت بر دسترسی ترکیبات مغذی آن داشته باشد (دکارت و همکاران ۲۰۱۳). در بین محصولات جانبی به دست آمده از ذرت، کنجاله ذرت (که حاصل روغن کشی دانه ذرت می‌باشد) به عنوان خوراکی مطرح است که پیش‌تر قابلیت تجزیه‌پذیری نسبتا بالاتری نسبت به ذرت و محصولات جانبی دیگر برای آن گزارش شده است (ینگ و آلن ۱۹۹۸) که ممکن است دلیل این مطلب اندازه ذرات ریزتر این خوراک باشد (نولتون و همکاران ۱۹۹۶). علاوه بر این، عامل مهم ایجادکننده تفاوت در الگوی گوارش بین دانه‌های غلات، ممکن است تفاوت در ساختار گرانولی نشاسته آن‌ها باشد (سوان و همکاران ۲۰۰۶) و یا میزان اتصال نشاسته به پروتئین و یا چربی نیز در روند تجزیه‌پذیری آن موثر است (دکارت و همکاران ۲۰۱۳). ذرت بر اساس واریته آن ممکن است حاوی نشاسته با ساختارهای متفاوت باشد. بررسی‌ها نشان داده است که نشاسته شیشه‌ای[1] در مقایسه با نشاسته آردی[2] از نرخ تخمیر پذیری پایین‌تری برخوردار می‌باشند که علت آن را به بالاتر بودن غلظت پروتئین پرولامین (زئین) در این واریته‌ها مرتبط می‌دانند (مک آلیستر و همکاران ۱۹۹۳) و همچنین نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین نیز می‌تواند بر نرخ تخمیرپذیری نشاسته تاثیر داشته باشد (دکارت و همکاران، ۲۰۱۳). کنجاله ذرت اخیرا به عنوان خوراک دام در ایران مطرح گردیده است. به نظر می‌رسد علاوه بر نیاز به تعیین ارزش تغذیه‌ای کنجاله ذرت به عنوان محصول جانبی فرآوری ذرت، با توجه به وجود انواع متفاوت محتویات نشاسته در دانه ذرت (شیشه‌ای، نسبتا شیشه‌ای، آردی و دنت) مقایسه ارزش تغذیه‌ای این اقلام با این خوراک ضروری است. در مطالعه حاضر علاوه بر تعیین ارزش تغذیه‌ای کنجاله ذرت و واریته‌های متفاوت ذرت به روش تولید گاز، پیش بینی سطح اسیدهای چرب فرار تولیدی و همچنین پیش بینی توده میکروبی نیز بر اساس روش بلومل و بکر(۱۹۹۷) و گتاچیو و همکاران (۱۹۹۸) نیز انجام گرفته است. این پیش بینی‌ها بر اساس نتایج مربوط به تکنیک تولید گاز صورت گرفته است. بنابراین هدف اول پژوهش حاضر بررسی ارزش تغذیه ای کنجاله ذرت بر اساس روش تولید گاز و مقایسه آن با نتایج مربوط به واریته‌های متفاوت ذرت و دانه جو می‌باشد. هدف دیگر نیز مقایسه پیش بینی تولید اسیدهای چرب فرار و توده میکروبی بر اساس نتایج آزمایش‌های تولید گاز برای تیمارهای متفاوت بوده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به طور مشترک در گروه علوم دامی دانشگاه اراک و گروه علوم دامی دانشگاه تهران انجام شده است. کنجاله ذرت از کارخانه روغن کشی ذرت

[1] Vitreous

[2] Floury

واقع در استان البرز تهیه شد و سایر ارقام ذرت از جمع آوری نمونه‌های ذرت از ۲۵ گاوداری صنعتی کشور و پس از آن د سته بندی آن‌ها برا ساس نو ع ذ شا سته بر ا ساس فیلیپ و مایکلت-دورئو (۱۹۹۷) انجام شد. دانه جو نیز به عنوان منبع متداول نشاسته در نظر گرفته شد. دانه‌های ذرت و جو با دستگاه آسیاب مدل (*Wiley Mill*) با غربال یک میلی‌متری آ سیاب شدند (ابوغزاله و جنکینز ۲۰۰۴). تیمارهای آزمایشی شامل ۱)کنجاله ذرت، ۲)جو آ سیاب شده، ۳)ذرت حاوی ذشا سته ذسبتا شیشه‌ای، ۴)ذرت حاوی نشاسته شیشه‌ای، ۵)ذرت حاوی نشاسته آردی، ۶)ذرت دنت ۷)نشاسته خالص ذرت بودند.

تعیین ترکیب شیمیایی

جهت تعیین ترکیبات شیمیایی، نمونه‌ها با آ سیاب مجهز به غربال یک میلی‌متر آسیاب شدند و سپس ماده خشک (د مای ۱۰۵ در جه سانتی‌گراد و مدت ۲۴ سا عت)، پروتئین خام (به روش کلدال با دستگاه Kjeltec Auto 1030 Analyzer)، چربی خام (روش سوکسله)، خاکستر آن‌ها مطابق توصیه‌های AOAC (۲۰۰۵) تعیین شد. برای اندازه‌گیری دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز از روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) استفاده گردید.

آزمون تولید گاز به روش آزمایشگاهی(*In Vitro*):

جمع آوری مایع شکمبه به منظور تکنیک تولید گاز

برای جمع آوری مایع شکمبه از سه راس گاو غیر شیرده مجهز به فیستولای دائم شکمبه‌ای استفاده گردید. گاوهای مورد استفاده به صورت آزاد با استفاده از علوفه‌ای متشکل از یونجه و ذرت سیلویی (با نسبت ۱ به ۴ براساس وزن تازه) و همچنین روزانه ۵۰۰ گرم کنسانتره به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم وزن زنده تغذیه گردیدند و گاوها دو بار در روز (ساعت ۸ و ۱۶) وعده‌ی خوراک را در یا فت می‌کرد ند. پس از جمع آوری مایع شکمبه و انتقال آن به آزمایشگاه، با استفاده از توری پارچه‌ای مایع شکمبه صاف گردید و سپس با ا ستفاده از نسبت پیشنهاد شده به روش منک و استینگاس (۱۹۸۸) با بافر مخلوط گردید. لازم به ذکر است که تمامی مراحل در حضور دی اکسید کربن انجام گرفت. مقدار ۲±۵۰۰ گرم از نمونه‌ها، با دقت به درون شیشه‌های پنی سیلین ۱۲۵ میلی‌لیتری ریخته شد و در نهایت مقدار ۴۰ میلی‌لیتر از محلول تهیه شده (حاوی ذسبت ۲ به ۱ بافر و مایع شکمبه) ا ضافه گردید. برای هر تیمار سه دوره انکوبا سیون در نظر گرفته شد و در هر دوره انکو باسیون نیز سه بطری به هر تیمار اختصاص یا فت و در کل هر تیمار دارای ۹ تکرار (بطری) بود و همچنین از ۹ عدد بطری نیز که فقط حاوی مایع شکمبه و بافر بودند بعنوان بلانک استفاده گردید.

اندازه‌گیری مقدار گاز تولیدی

برای اندازه‌گیری مقدار گاز تولیدی در درون بطری‌های پنی‌سیلین از فشار سنج با حساسیت بالا که به یک نمایشگر و صل شده بود ا ستفاده گردید بدین ترتیب که بعد از فرو کردن سنسور فشار سنج به درون بطری‌ها، عدد ذ شان داده شده برروی نمایشگر مربوط به مقدار گاز تولید شده در آن فاصله زمانی خاص بود ثبت گردید. مقدار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از انکوباسیون ثبت گردید. تا فا صله زمانی ۸ ساعت پس از انکوبا سیون بطری‌ها هر یک ساعت یک‌بار به آرامی تکان داده شدند و پس از ۱۲ ساعت بطری‌ها تنها بعد از ثبت گاز تولیدی تکان داده شدند. پس از تصحیح مقدار گاز تولیدی جیره‌های آزمایشی برای بلانک، به منظور برآورد فراسنجه‌های تولید گاز، داده‌های تولید گاز در مدل دو بخشی[1] ارایه شده تو سط شوفیلد و همکاران (۱۹۹۴) و با ا ستفاده از رویه NLIN نرم افزار SAS 9.3 قرار داده شد:

$$Vt=[V1\times\exp(-\exp(1+K1\times e\times(L1-t)))]+[V2\times\exp(-\exp(1+K2\times e\times(L2-t)))]$$

V_t= مقدار گاز تولیدی در زمان t

V_1, k_1 وL_1= به ترتیب عبارتند از مقدار گاز تولیدی (میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک) ، نرخ تولید گاز (به ازای ساعت) و وقفه زمانی (بر اساس ساعت) برای بخش به نرخ قابل تخمیر خوراک.

[1]Two pool mode

V_2، k_2 و L_2= به ترتیب عبارتند از مقدار گاز تولیدی (میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک) ، نرخ تولید گاز (به ازای ساعت) و وقفه زمانی (بر اساس ساعت) برای بخش با نرخ تجزیه‌پذیری کندتر.

t= مدت زمان انکوباسیون.

پیش بینی تجزیه پذیری ماده خشک حقیقی، توده میکروبی و اسیدهای چرب فرار بر اساس تکنیک تولید گاز

به منظور اندازه‌گیری مقدار ماده خشک تجزیه‌شده بصورت حقیقی آزمایش انکوباسیون جداگانه‌ای انجام گرفت. بدین ترتیب که کلیه مراحل تهیه و آماده کردن مایع شکمبه و نمونه ها کاملا مشابه آزمایش ۷۲ ساعته بود. این آزمایش در دو دوره انکوباسیون انجام گرفت در هر دوره انکوباسیون ۳ عدد بطری به هر تیمار اختصاص یافت که از این ۳ عدد بطری برای اندازه‌گیری مقدار ماده خشک تجزیه شده بصورت حقیقی استفاده شد، و لازم به ذکراست که دوره انکوباسیون این نمونه‌ها ۲۴ ساعت بود و در طول این مدت مقدار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری حقیقی جیره‌ها از روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) استفاده شد بدین ترتیب که باقیمانده حاصل از ۲۴ ساعت تخمیر، ابتدا به منظور توقف تخمیر بطری‌ها درون یخ قرار گرفتند سپس به مدت ۱ ساعت درون محلول شوینده خنثی[1]جوشانده و رفلاکس[2]شد. پس از مدت زمان یک ساعت جوشاندن بقایای حاصل به درون کیسه‌های داکرونی (با اندازه ۴×۱۲ سانتی‌متر و اندازه منافذ ۴۰ میکرومتر) منتقل گردید و پس از خشک نمودن درون آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت، کیسه‌ها وزن گردیدند و سپس با استفاده از معادله شماره ۱ مقدار ماده خشک تجزیه شده بصورت حقیقی برآورد گردید:

$$y = \frac{A-B}{A}$$ معادله شماره ۱

Y= مقدار ماده خشک تجزیه‌شده بصورت حقیقی (بر اساس میلی گرم به ازای گرم ماده خشک)

A= مقدار جیره انکوبه شده (بر اساس ماده خشک)

B= وزن بقایای حاصل درون کیسه‌ها (بر اساس ماده خشک)

برای محاسبه شاخص بخش‌پذیری [3](بر اساس میلی گرم ماده خشک تجزیه‌شده به ازای میلی‌لیتر گاز تولیدی) پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون، مقدار ماده خشک تجزیه شده بصورت حقیقی بر مقدار گاز تولیدی مرتبط با آن نمونه تقسیم گردید. همچنین برای محاسبه مقدار بیوماس میکروبی تولید شده و همچنین بازدهی تولید بیوماس میکروبی به ترتیب از معادلات شماره ۲ و ۳ استفاده گردید (گرینگس و همکاران ۲۰۰۵):

$$y = A-(B\times C)$$ معادله شماره ۲

$$X = \frac{A-(B\times C)}{A}$$ معادله شماره ۳

Y= مقدار بیوماس میکروبی تولید شده (میلی گرم به ازای گرم ماده خشک)

X= بازدهی تولید بیوماس میکروبی (میلی‌گرم به ازای میلی‌گرم)

A= مقدار ماده خشک تجزیه‌شده بصورت حقیقی بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون

B= مقدار گاز تولیدی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون

C= شاخص استوکیومتری جهت محاسبه مقدار ماده خشک تبدیل شده به اسیدهای چرب فرار و گازهای تولیدی (دی اکسید کربن و متان) که این شاخص برای جیره‌های بر پایه علوفه معادل ۲/۲۰ و برای مواد کنسانتره‌ی که منتج به تولید نسبت‌های بالاتر اسید پروپیونیک (بیش از ۴۰ در صد کل اسیدهای چرب فرار تولیدی) می‌گردد معادل ۲/۳۴ می‌باشد (بلومل ۲۰۰۰).

برآورد قابلیت هضم ماده آلی (OMD)، قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک (DOMD) و انرژی قابل متابولیسم (ME)، برای تخمین متغیر های مزبور از الگوهای منک و استینگاس (۱۹۸۸) و میزان اسیدهای

[1]Neutral detergent solution
[2]Reflux
[3]Partitioning factor

چرب کوتاه رنجیر (SCFA) نیز براساس رابطه گتاچیو و همکاران (۲۰۰۱) محاسبه شد:

OMD (g/100g DM) = ۱٤/۸۸ + ۰/۸۸۹GP + ۰/٤٥CP + ۰/۰۶۵۱Ash

%DOMD = %OMD × %OM

ME (MJ/kg) = ۲/۲۰+ ۰/۱۳٦ GP +۰/۰۵۷ CP + ۰/۰۰۲۹CP^{۲}

SCFA (m mol/200 mgDM) = ۰/۰۲۲۲ GP – ۰/۰۰٤۲۵

که OM ماده آلی، GP کل تولید گاز در ۲۴ساعت(میلی لیتر به ازای ۲۰۰میلی گرم ماده خشک)، CP در صد پروتئین خام و Ash درصد خاکستر است.

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از مدل آماری زیر انجام گرفت:

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

که Y_{ij} مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل، T اثر تیمار مورد آزمایش i و e اثر اشتباه آزمایشی است. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS و رویه مدل خطی تعمیم یافته (GLM) صورت گرفت.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی خوراک‌های مورد نظر در آزمایش

نتایج مربوط به اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی اقلام مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. کنجاله ذرت دارای بالاترین محتوای پروتئین در بین تیمارها بوده است. با توجه به نوع فرآوری انجام شده برای استحصال کنجاله ذرت سطح پروتئین آن از دانه ذرت بیشتر می‌باشد. اوچیداو همکاران (۲۰۰۱) پروتئین کنجاله ذرت را ۹/۵ درصد گزارش کردند و بریتو و همکاران (۲۰۱۵) مقدار آن را ۷/۹ درصد گزارش نمودند. بریتو و همکاران (۲۰۱۵) درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز را به ترتیب ۹/۵ و ۳/۲ گزارش کردند و اوچیدا و همکاران (۲۰۰۱) درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز را به ترتیب ۱۱ و ۳/۶ گزارش کردند.

نتایج تولید گاز

نتایج به دست آمده از آزمایش تولید گاز در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که میزان کل گاز تولید شده برای خوراک‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشته است ($p > ۰/۰۵$) اما مقدار گاز تولیدی در زمان‌های مختلف تفاوت داشته است. میزان تولید گاز از بخش سریع تجزیه شونده (V_1) مواد خوراکی در تیمار کنجاله ذرت کمترین (۷۸/۳ میلی لیتر در ساعت) و برای نشاسته خالص بیشترین بوده است (۱۱۸/۸۱ میلی لیتر در ساعت). باید توجه داشت که پوشانندگی نشاسته توسط پروتئین و یا حتی چربی می‌تواند قابلیت تجزیه پذیری آن را تحت تاثیر قرار دهد (دکارت و همکاران ۲۰۱۳).

دانه ذرت از سه قسمت پایه ای مورفولوژیکی، پوسته، جوانه و آندوسپرم تشکیل شده است. آندوسپرم عمدتا شامل نشاسته و پروتئین و مقادیر کمی از چربی به فرم فسفولیپیدها می‌باشد. آندوسپرم ذرت تقریبا عاری از دیواره سلولی[1] یا دیواره سلولی بدون همی‌سلولز[2] است. آندوسپرم حدود ۷۵-۸۰ درصد وزن دانه ذرت را شامل می شود. همان طور که گفته شد آندوسپرم ذرت حاوی پروتئین‌های ذخیره‌ای فراوان پرولامین[3](زئین) می‌باشد که نشاسته موجود در دانه ذرت را پوشش می‌دهد. از طرفی نشاسته خالص در داخل دانه نمی‌تواند به طور موثری ذخیره گردد، زیرا نشاسته خالص به شدت آبدوست می‌باشد.

[1]ADF
[2]NDF
[3]Prolamins

جدول۱- میانگین ترکیبات شیمیایی (درصد) اقلام خوراکی مورد استفاده در آزمایش حاضر

Table 1- Mean chemical composition (percent) feed ingredients used in the experiment

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Treatments						
	کنجاله ذرت Corn Meal	دانه جو Barley Grain	دانه ذرت با نشاسته آردی Corn Grain (Floury Starch)	دانه ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای Corn Grain (Semi-Vitreous Starch)	دانه ذرت با نشاسته شیشه‌ای Corn Grain (Vitreous Starch)	دانه ذرت دنت Dent Corn Grain	نشاسته خالص Pure Corn Starch
ماده خشک Dry Matter	90.35	88.00	87.50	89.75	88.80	88.45	89.25
خاکستر Ash	3.30	2.00	0.80	1.25	0.85	1.15	0.05
ماده آلی Organic Matter	96.70	98.00	99.20	98.75	99.15	98.85	99.95
پروتئین خام Crude Protein	13.74	12.46	8.49	8.81	8.18	9.40	0 ≈
چربی خام Ether Extract	1.44	2.27	4.00	4.35	4.73	3.92	0 ≈
دیواره سلولی Neutral Detergent Fiber	17.12	16.96	6.80	7.00	8.80	8.50	0 ≈
دیواره سلولی بدون همی‌سلولز Acid Detergent Fiber	5.76	5.57	1.49	1.89	2.70	2.24	0 ≈

ترکیبی از نشاسته، پرولامین و پروتئین های دیگر (آلبومین، گلبولین، گلوتلین) در آندوسپرم ذرت وجود دارند که اغلب به عنوان ماتریکس نشاسته پروتئین نامیده می‌شوند (موهر و اسکوفر ۱۹۹۵ و بوکانان و همکاران ۲۰۰۰). از این رو با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت نشاسته خالص ذرت به دلیل نبود هیچ پوششی با نرخ بالایی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه تجزیه شده و تولید گاز می‌کند از این رو در بین تیمارهای آزمایشی دارای بالاترین حجم گاز تولیدی از بخش با نرخ تجزیه پذیری بالا و کمترین حجم گاز تولیدی از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین می باشد (جدول ۳). بنابراین به نظر می‌رسد دلیل بالا بودن تولید گاز در نشاسته خالص عدم پوشانندگی نشاسته توسط چربی و پروتئین بوده است. منبع نشاسته خالص در مقایسه با ذشا سته موجود در غلات در مطالعه حا ضر دارای نرخ تجزیه‌پذیری بالاتری بود، و همین امر منجر به افزایش تولید گاز از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری سریع خوراک (V_1) گردیده ا ست. کان و همکاران (۱۹۹۷) بیان نمودند که پروفایل گاز تولیدی ناشی از تخمیر خورا کها را می‌توان به دو زیر بخش[1] تقسیم نمود که شامل گاز تولیدی ناشی از بخش قابل حل (در آب) خوراک از قبیل قندها و اکثر پروتئین ها و گاز تولیدی ناشی از بخش نامحلول خوراک از قبیل نشاسته و دیواره سلولی می‌باشد (گروت و همکاران ۱۹۹۶ و کان و ون گیلدیر ۱۹۹۹ و چای و همکاران ۲۰۰۴). لازم به ذکر است که ذ شا سته آردی پس از ذ شا سته خالص ذرت بیشترین

[1]Two pool

تولید گاز مربوط به بخش سریع تجزیه شونده (V_1) را داشته است و می‌توان این نرخ بالا در تجزیه‌پذیری را معادل دسترسی سریع‌تر میکروب‌های شکمبه به این منابع خوراکی دانست. بعد از نشاسته آردی به ترتیب ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای و دنت در درجات پایین‌تر قرار داشتند.

جدول۲- میانگین حجم گاز تجمعی تولید شده (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) تیمارهای آزمایشی در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Table 2- Mean cumulative gas volume produced (ml per 200 mg of dry matter) of treatments in different period of incubation time

زمان انکوباسیون(ساعت) Incubation Time (Hours)	تیمارهای آزمایشی Treatments							انحراف استاندارد میانگین Standard Error Means	سطح معنی داری P-Value
	کنجاله ذرت Corn Meal	دانه جو Barley Grain	دانه ذرت با نشاسته آردی Corn Grain (Floury Starch)	دانه ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای Corn Grain (Semi-Vitreous Starch)	دانه ذرت با نشاسته شیشه‌ای Corn Grain (Vitreous Starch)	دانه ذرت دنت Dent Corn Grain	نشاسته خالص Pure Corn Starch		
2	9.435^{bc}	13.61^{a}	11.84^{b}	12.94^{a}	11.97^{b}	11.08^{b}	6.643^{c}	0.43	0.01
4	17.01^{b}	29.15^{a}	25.32^{a}	26.91^{a}	23.69^{b}	23.03^{b}	18.69^{b}	0.60	0.01
8	28.65^{b}	43.44^{a}	40.67^{a}	42.15^{a}	37.63^{a}	38.09^{a}	38.15^{a}	0.63	0.01
12	36.77^{b}	50.08^{a}	49.13^{a}	50.87^{a}	46.77^{a}	46.85^{a}	48.20^{a}	0.64	0.01
24	50.50^{b}	57.64^{b}	59.04^{a}	61.42^{a}	58.16^{a}	57.42^{b}	58.24^{a}	0.66	0.02
36	59.92	62.60	64.43	67.30	64.13	62.97	63.61	0.65	0.20
48	65.20	65.63	67.40	70.40	67.22	65.78	66.35	0.66	0.40
72	68.87	69.14	69.57	72.54	69.27	67.60	67.96	0.64	0.48

a-c: **میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد**..(p<۰/۰۵).

a-c: Means within the same row with different letters differ significantly (P<0.05)

در رابطه با فراسنجه نرخ تولید گاز از بخش سریع تجزیه‌شونده (K_1)، مشاهده شد که دانه جو پس از نشاسته خالص ذرت بالاترین نرخ تولید گاز را در بین تیمارهای آزمایشی دارا بوده است. پرولامین پروتئین ذخیره‌ای آندوسپرم دانه ذرت با مقدار بالای اسید آمینه پرولین می‌باشد که در هسته دانه تمام غلات یافت می‌شود. پرولامین برای هر دانه غلات نام خاص و تاریخی خود را دارد: پرولامین جو (هوردئین[1]) به دلیل ویژگی‌های شیمیایی ساختار آن خاصیت حلالیت بالایی دارد در عوض پرولامین ذرت (زئین) به دلیل ساختار غیر قطبی که در آن وجود دارد دارای خاصیت حلالیت پایینی می‌باشد (بوکانان و همکاران، ۲۰۰۰)، از این رو در دانه جو کمپلکس بین نشاسته و پروتئین نسبت به دانه ذرت با نرخ بیش‌تری می‌تواند تجزیه گردد. همچنین مقدار گاز تولید شده از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین (V_2)، کنجاله ذرت بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است در حالی‌که نشاسته خالص ذرت کمترین میزان بوده است. باتوجه به نتایج به دست آمده در رابطه با حجم گاز تولیدی کل (از هر دوبخش سریع و کند تجزیه‌شونده: V) تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف دیده نشد (جدول ۳). در این مطالعه تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ انرژی متابولیسمی

[1]Hordein

برآورده شده وجود داشت. همچنین تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ مقدار گاز تولیدی طی ســـاعات متوالی پس از انکوباسیون با هم داشتند (جدول ۲).

جدول۳- گاز تولیدی، نرخ تولید گاز و فراسنجه‌های تولید گاز

Table 3- Gas production, rate of gas production, and related parameters

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Treatments							انحراف استاندارد میانگین Standard Error Means	سطح معنی‌داری P-Value
	کنجاله ذرت Corn Meal	دانه جو Barley Grain	دانه ذرت با نشاسته آردی Corn Grain (Floury Starch)	دانه ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای Corn Grain (Semi-Vitreous Starch)	دانه ذرت با نشاسته شیشه‌ای Corn Grain (Vitreous Starch)	دانه ذرت دنت Dent Corn Grain	نشاسته خالص Pure Corn Starch		
V_1[1]	78.30^{b}	98.79^{b}	101.2^{b}	100.1^{b}	95.71^{b}	98.75^{b}	118.8^{a}	1.16	0.01
K_1[2]	0.104^{b}	0.182^{a}	0.157^{ab}	0.155^{a}	0.133^{b}	0.130^{b}	0.132^{b}	0.05	0.01
L_1[3]	-0.473^{b}	0.642^{ac}	0.375^{ac}	0.340^{ac}	-0.061^{abc}	0.253^{abc}	1.189^{a}	0.20	0.01
V_2[4]	96.16^{a}	72.69^{a}	73.11^{a}	81.55^{a}	77.90^{a}	70.62^{b}	51.57^{b}	1.16	0.01
K_2[5]	0.034^{abc}	0.029^{ab}	0.093^{abc}	0.037^{abc}	0.030^{abc}	0.035^{abc}	0.038^{ac}	0.02	0.01
L_2[6]	4.603^{a}	-2.698^{b}	0.497^{a}	0.057^{a}	1.129^{ac}	1.564^{ac}	7.478^{ac}	0.60	0.01
V[7]	174.4	171.5	174.3	181.6	173.6	169.3	170.3	1.02	0.51

۱. گاز تولیدی از بخش سریع تجزیه خوراک(میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک)، ۲. نرخ تولید گاز از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری بالای خوراک(به ازای هرساعت)، ۳.وقفه زمانی برای بخش با نرخ تجزیه‌پذیری بالای خوراک(برحسب ساعت)، ۴. گاز تولیدی از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین خوراک (میلی لیتر به ازای گرم ماده خشک)، ۵. نرخ تولید گاز از بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین خوراک(به ازای هرساعت)، ۶. وقفه زمانی برای بخش با نرخ تجزیه‌پذیری پایین خوراک (برحسب ساعت)، ۷. کل مقدار گاز تولیدی تجمعی پس از ۷۲ ساعت (میلی لیتر به ازای هر گرم ماده خشک)، a-c : میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد..(p<۰/۰۵).

1. Gas production of the rapid degradation of feed (ml per g dry matter), 2. Gas production rate of the rapid degradation of feed (per hour), 3. Lake time of the rapid degradation of feed (per hour), 4. Gas production of the slow degradation of feed (ml per g dry matter), 5. Gas production rate of the slow degradation of feed (per hour), 6. Lake time of the slow degradation of feed (per hour), 7. The cumulative total amount of gas produced after 72 hours (ml per gram of dry matter), a-c: Means within the same row with different letters differ significantly (P<0.05).

ماده خشـــک تجزیه‌شـــده بصـــورت حقیقی، انرژی متابولیسمی، ماده آلی قابل هضم و تولید اسیدهای چرب فرار بر اساس تکنیک تولید گاز

با توجه به هزینه‌های بالای آزمایش‌های تغذیه دام یکی از روش‌های بررســی اثرات خوراک‌ها بر فراســنجه‌های تولید اســـیدهای چرب فرار و یا توده میکروبی و یا شـاخص‌های تجزیه‌پذیری حقیقی مواد مغذی، پیش بینی این فراسـنجه‌ها بر اسـاس نتایج حاصـل از تکنیک تولید گاز می‌باشد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کنجاله ذرت دارای کمترین مقدار ماده خشـــک تجزیه‌شـــده به

صورت حقیقی در شکمبه و دانه ذرت با نشاسته آردی دارای بیشترین مقدار می‌باشد. نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر با نتایج یو و همکاران (۱۹۹۸) که بیان کردند زمانی که دانه ذرت تحت فرایند حرارتی قرار گیرد مقدار ماده خشک تجزیه‌شده آن افزایش می یا بد همخوانی ندارد. به نظر می‌رسد نوع فرآوری و اندازه ذرات به دست آمده در نتیجه فرآوری می‌تواند بر روند تجزیه‌پذیری تاثیر داشته باشد. یکی از ترکیباتی که همراه گرانول‌های نشاسته یافت می‌شود پروتئین می‌باشد. گرانول‌های نشاسته به طور معمول حاوی ۳ گرم یا کمتر پروتئین در کیلوگرم هستند (عبدل آل و همکاران ۲۰۰۲ و واسنتن و بتی ۱۹۹۶). پروتئین‌هایی که در سطح گرانول‌های نشاسته وجود دارد ارتباط نزدیکی با خصوصیات کیفی و سختی آندوسپرم دارند که خود این ویژگی‌ها بر مقدار و روند تجزیه‌پذیری موثر می‌باشد. در دانه ذرت حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از کل پروتئین موجود در دانه ذرت را زئین تشکیل می‌دهد(هامکر و همکاران ۱۹۹۵). زئین در آب محلول نیست و همچنین در حلال نرمال محیط داخل شکمبه‌ای نیز قابل حل نمی‌باشد (لاوتون ۲۰۰۲). بنابراین پروتئین‌های سطحی ممکن است قابلیت دسترسی نشاسته را از طریق اثرات متقابل تحت تاثیر قرار دهند. پیش‌تر نشان داده شده است که سختی آندوسپرم یک عامل موثر در کاهش انرژی متابولیسمی ظاهری (AME) غلات است (والکر و هارمون ۱۹۹۵) ترکیبات غیر نشاسته‌ای در گرانول‌های نشاسته مانند چربی و پروتئین می‌تواند به فرآیند هضم از دو طریق صدمه بزنند: ۱) به صورت مستقیم به وسیله کاهش تماس بین آنزیم‌های هضمی و نشاسته، ۲) به صورت غیر مستقیم از طریق کاهش تورم گرانول‌های نشاسته و همچنین از طریق اثرات متقابل با آسیاب شدن و ژلاتینه شدن در طول فرآوری غلات (بالدوین ۲۰۰۱ و اسویهوس و همکاران ۲۰۰۵). از این رو می‌توان بیان کرد، بالاتر بودن درصد پروتئین خام کنجاله ذرت (جدول ۱) و همچنین ژلاتینه‌شدن نشاسته در طی فرآیند حرارتی می‌تواند دلیلی برای پایین‌تر بودن مقدار ماده خشک تجزیه شده به صورت حقیقی در شکمبه کنجاله ذرت نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی باشد. همچنین طی کردن فرآیند روغن کشی و حرارتی که در طول این مسیر بر دانه ذرت داده می شود منجر به دناتوره شدن پروتئین های موجود در دانه ذرت می‌شود که کاهش تجزیه شدن محصول نهایی (کنجاله ذرت) در شکمبه و ادامه روند تجزیه‌شدن را در روده به دنبال دارد.

گرانول‌های نشاسته در آندوسپرم آردی درمقایسه با گرانول‌های مقید شده در ماتریکس پروتئینی گرانول‌های شیشه‌ای به صورت سست‌تری با بخش پروتئینی باند شده است. مقایسه بین ذرت واریته‌های شیشه‌ای و دنت نشان می‌دهند که اگرچه مقدار کل نشاسته این واریته‌ها با هم مشابه است، اما واریتهٔ‌های شیشه‌ای دارای نرخ و میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پایین‌تری می‌باشد (فیلیفئو و همکاران ۱۹۹۹ و تیلور و آلن ۲۰۰۵). که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد(جدول ۴). به خوبی مشخص شده است که آندوسپرم ذرت گونه‌های آردی به طور معنا داری، دارای زئین کمتری نسبت به گونه‌های دنت و شیشه‌ای می‌باشند (والاس و همکاران ۱۹۹۰). در دانه‌های ذرت، نشاسته آندوسپرم به دو صورت آردی و شیشه‌ای یافت می‌شود، در ارقام شیشه‌ای، بیش از ۷۰درصد از نشاسته می‌تواند شیشه‌ای باشد پرولامین موجود در دانه ذرت، در درجه اول زئین، به طور مستقیم با درصد شیشه‌ای بودن دانه در ارتباط است. دانه‌هایی که درصد شیشه‌ای بودنشان بالاتر است، غلظت های بالاتری از پرولامین را دارا هستند (والاس و همکاران ۱۹۹۰). به علت ساختار فشرده نشاسته شیشه‌ای، آنزیم های محلول در آب که ناشی از میکروب یا حیوانات می‌باشند، نمی‌توانند به سادگی در نشاسته نفوذ کنند (لوپز و همکاران ۲۰۰۹ و تیلور و آلن ۲۰۰۵). در نتیجه می‌توان گفت، ذرت دارای نشاسته شیشه‌ای نسبت به ذرت های دارای نشاسته آردی و دنت دارای نرخ کمتر هضم و مقاومت بیشتر نسبت به آنزیم‌ها می‌باشد. که این موضوع با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر مطابقت دارد (جدول ۳ و ۴).

فیلیفئو و همکاران (۲۰۰۰) ارتباط بین آندوسپرم شیشه‌ای و محتویات زئین را اندازه گرفتند و متوجه

شدند که این میزان ارتباط در گونه شیشه‌ای بیشتر از دنت می‌باشد. این داده‌ها تفاوت در ترکیب شیمیایی بین آندوسپرم‌های شیشه‌ای و آندوسپرم آردی را نمایان می‌کند، نشاسته در آندوسپرم ذرت شیشه‌ای، نسبت به گونه آردی با شدت بیشتری به وسیله پروتئین محصور شده است. در چندین مطالعه رابطه میان تجزیه پذیری نشاسته یا ماده خشک ذرت به روش کیسه‌های نایلونی[1] بررسی شده است (کوریا و همکاران ۲۰۰۲ ، نگویاما و همکاران ۲۰۰۸ و فیلیپ و میشل ۱۹۹۸). همه این مطالعات یک رابطه منفی قوی بین درصد شیشه‌ای بودن آندوسپرم و قابلیت تجزیه‌پذیری ماده خشک یا نشاسته را به روش کیسه نایلونی نشان دادند، این بدین معنی می‌باشد که با افزایش آندوسپرم شیشه‌ای، قابلیت تجزیه‌پذیری ماده خشک یا نشاسته دانه ذرت کاهش می‌یابد. آلن و همکاران (۲۰۰۸) نتایجی مشابه آزمایشات ذکر شده را در آزمایش به روش درون تنی[2]مشاهده کردند، که این نتایج نیز با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (جدول ۴).

به طور طبیعی هر چه اندازه ذرات مربوط به خوراک‌های فرآوری شده ریزتر باشد تجزیه‌پذیری نیز به دلیل افزایش سطح تماس میکروب‌ها با خوراک مورد نظر افزایش می یابد (ینگ و آلن ۱۹۹۸). بخش عمده مربوط به غله ذرت، نشاسته می‌باشد که حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از وزن خشک دانه‌ها را تشکیل می‌دهد و بنابراین عواملی که در قابلیت تجزیه‌پذیری و در دسترس بودن نشاسته تاثیر داشته باشند در نهایت می‌تواند بر قابلیت تجزیه‌پذیری ماده خشک و ماده آلی نیز موثر باشد. عوامل متعددی مانند واریته غله مورد نظر و همچنین عوامل محیطی موثر بر رشد غله می‌توانند در مقدار نشاسته تاثیر داشته باشند. گرانول‌های نشاسته می‌توانند از یک تا ۱۰۰ میکرومتر متغیر باشند (بولئون و همکاران ۱۹۹۸ و لیندبوم و همکاران ۲۰۰۴) و واریته غله مربوط می‌تواند بر این اندازه تاثیر عمده‌ای داشته باشد. میزان دمای محیط، منطقه جغرافیایی و میزان بارش از عوامل مهم موثر بر اندازه گرانول‌های نشاسته در غلات می باشد (دکارت و همکاران ۲۰۱۳). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روند تجزیه‌پذیری بررسی شده بر اساس تکنیک تولید گاز در کنجاله ذرت نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی آهسته تر بود. بیشتر فرآوری‌های انجام شده مانند فرآوری غلات با بخار منجر به افزایش تخمیرپذیری نشاسته و بهبود سنتز پروتئین میکروبی اعلام شده است (ترئوور وهمکاران ۱۹۹۵). همانطور که بیان شد در مطالعه یو و همکاران (۱۹۹۸) قابلیت هضم نشاسته برای ذرت آسیاب شده برابر ۹۵/۷ درصد و برای ذرت ورقه شده با بخار برابر ۹۷/۵ درصد بوده است. در مطالعه حاضر نوع فرآوری انجام شده برای استحصال کنجاله ذرت سبب کاهش تجزیه‌پذیری حقیقی ماده خشک گردیده است. البته با توجه به اینکه آزمایش حاضر بر اساس نتایج تکنیک تولید گاز به دست آمده است به نظر می‌رسد تایید این نتایج نیاز به انجام پژوهش بر روی دام‌ها با حضور نرخ عبور طبیعی در دستگاه گوارش داشته باشد. هر چند که کریشنامورتی و همکاران(۱۹۹۵) گزارش کردند که ارزش انرژی و میزان تخمیر ماده آلی محاسبه شده از تخمیر روش برون تنی[3] با مقادیر حاصل از روش برون تنی[4] برای بسیاری از خوراک‌ها مطابقت دارد.

همانگونه که در جدول ۴ آمده است کنجاله ذرت به صورت معنی‌داری دارای میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر کمتری نسبت به تیمارهای دیگر می باشد ($P<۰/۰۵$) در حالی که بین تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. که می‌توان دلیل آن را کاهش دسترسی میکروب‌های شکمبه‌ای به منابع کربوهیدراتی موجود در کنجاله ذرت به دلیل ژلاتینه شدن نشاسته که مهمترین منبع کربوهیدراتی در غلات می‌باشد، در طی فرایند حرارتی که جهت استحصال روغن از دانه ذرت انجام می‌شود، دانست. طی انکوباسیون خوراک‌ها در مایع شکمبه‌ای تحت شرایط آزمایشگاهی، کربوهیدرات‌ها

[1] In Situ
[2] In Vivo
[3] In Vitro
[4] In Vivo

به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) و گازها (به طور عمده CO_2 و CH_4) تخمیر پیدا می‌کند. بلو مل و ارسکوف (۱۹۹۴) و همچنین گتاچیو و همکاران (۲۰۰۲) همبستگی نزدیکی بین تولید گاز ناشی از انکوباسیون و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر وجود دارد که براساس تخمیر کربوهیدرات‌ها می‌باشد. در مطالعه حاضر کنجاله ذرت، کمترین مقدار ا سیدهای چرب کوتاه زنجیر را داشت، بنابراین انرژی کمتری را می‌تواند دسترس نشخوارکنندگان قرار دهد. مقادیر گزارش شده توسط معادلات رگرسیونی براساس داده‌های حاصل از تولید گاز با روش استفاده از مایع شکمبه و اعداد حاصل از تجزیه تقریبی مواد خوراکی به دست آمده است و اگرچه این مقادیر می‌توانند به عنوان یک شاخص اولیه کمک کننده باشند اما پذیرفتن آن‌ها خالی از خطا نخواهد بود. روابط رگرسیونی، خواص فیزیکی متفاوت خوراک‌ها در شکمبه و همچنین تفاوت‌های هضمی در قسمت‌های پائین‌تر دستگاه گوارش را در نظر نمی‌گیرند، از این رو تکیه بر اعداد حاصل از روابط رگرسیونی بدون در نظر گرفتن شرایط خاص هر خوراک در هر زمان لزوما به بهترین نتیجه نخواهد انجامید (پرند و تقی‌زاده ۲۰۱۱). همچنین خطای موجود در برآورد تجزیه تقریبی خوراک باعث اریب بودن اعداد حاصل از فرمول‌های مذکور خواهد شد. نسبت اسیدهای چرب فرار مختلف تولید شده در شکمبه نشخوارکنندگان نقش تعیین کننده‌ای در خصوصیات تولیدی دارد. تصور بر این است که تولید اسیدهای چرب گلوکوژنیک باعث افزایش در تولید شیر و تولید اسیدهای چرب لیپوژنیک باعث افزایش میزان چربی شیر تولیدی می‌گردد. روابط رگرسیونی استفاده شده توانایی تخمین تولید هریک از اسیدهای چرب فرار تولیدی را به صورت جداگانه ندارد و تنها میزان کل اسیدهای چرب فرار را برآورد می‌کند (پرند و تقی‌زاده ۲۰۱۱).

همانطور که در جدول ۴ ارائه گردیده است کنجاله ذرت پس از نشاسته خالص ذرت دارای کمترین مقدار انرژی قابل متابولیسم می‌باشد. و دانه جو دارای بالاترین مقدار انرژی قابل متابولیسم در بین تیمارهای آزمایشی می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان مقدار مواد قابل دسترس میکروارگانیسم‌های شکمبه برای تجزیه دانست. میکروارگانیسم‌های شکمبه به دلیل ساختار فیزیکی دانه جو که در بخش‌های قبل گفته شد دسترسی بهتری به مواد مغذی این ماده خوراکی نسبت به تیمارهای آزمایشی دیگر داشته در نتیجه مقدار انرژی قابل متابولیسم دانه جو نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بالاتر می‌باشد. مقدار ماده آلی قابل هضم کنجاله ذرت نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی به طور معنی‌داری پایین‌تر می‌باشد ($P<۰/۰۵$) و همچنین دانه ذرت بانشاسته شیشه‌ای دارای بالاترین مقدار ماده آلی قابل هضم می‌باشد. یکی از دلایلی که می‌توان برای توضیح این موضوع بیان نمود میزان فیبر موجود رابطه‌ی معکوسی با مقدار ماده آلی قابل هضم دارد (ون سوست ۱۹۹۴) همچنین منک و استینگاس (۱۹۸۸) بیان کردند مقادیر ماده آلی قابل هضم با غلظت خاکستر رابطه معکوس دارد. در نهایت می‌توان بیان کرد پایین‌تر بودن مقادیر کنجاله ذرت در فراسنجه‌های بیان شده در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل استفاده از حرارت در حین فرایند استخراج روغن باشد به گونه‌ای که حرارت مذکور باعث ژلاتینه شدن نشاسته ذرت و در نهایت کاهش تجزیه‌پذیری آن توسط باکتری‌های شکمبه، ولی در عین حال قابل هضم در روده را سبب شود که در این صورت این امر می‌تواند یک نکته مثبت در تغذیه این ماده خوراکی به دام‌های پرتولید از قبیل گاوهای شیری اوایل دوره شیردهی مطرح باشد.

[1]Short chain fatty acids

جدول۴- مقدار گاز تولیدی و سایر فراسنجه‌های اندازه گیری شده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون

Table 4- The gas production volume and other parameters measured after 24 hours of incubation

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Treatments							انحراف استاندارد میانگین Standard Error Means	سطح معنی داری P-Value
	کنجاله ذرت Corn Meal	دانه جو Barley Grain	دانه ذرت با نشاسته آردی Corn Grain (Floury Starch)	دانه ذرت با نشاسته نسبتا شیشه‌ای Corn Grain (Semi-Vitreous Starch)	دانه ذرت با نشاسته شیشه‌ای Corn Grain (Vitreous Starch)	دانه ذرت دنت Dent Corn Grain	نشاسته خالص Pure Corn Starch		
CGP[1]	124.4[b]	141.9[a]	144.3[a]	149.2[a]	141.8[a]	140.7[a]	145.1[a]	0.87	0.01
IVTDDM[2]	681.2[b]	787.8[a]	792.0[a]	764.5[ab]	786.7[a]	769.3[a]	787.8[a]	2.20	0.01
OMD[3]	65.53[b]	71.09[a]	70.09[ab]	72.00[a]	69.06[ab]	69.24[ab]	66.53[ab]	0.52	0.01
%DOMD[4]	63.37[b]	69.67[a]	69.53[a]	71.10[a]	68.47[ab]	68.41[ab]	66.49[ab]	0.51	0.01
PF[5]	5.473	5.556	5.491	5.139	5.552	5.477	5.443	0.21	0.70
MBP[6]	389.9	455.7	454.1	415.2	454.8	439.9	448.1	2.30	0.30
EMBP[7]	0.573	0.582	0.579	0.542	0.584	0.576	0.572	0.20	0.50
ME[8]	10.30[b]	11.08[a]	10.75[ab]	11.05[a]	10.58[ab]	10.65[ab]	10.10[b]	0.20	0.01
SCFA[9]	1.108[b]	1.263[a]	1.289[a]	1.327[a]	1.268[a]	1.258[a]	1.288[a]	0.08	0.01

۱. مقدار تجمعی گاز تولیدی (میلی گرم به ازای گرم ماده خشک)، ۲. مقدار ماده خشک تجزیه‌شده بصورت حقیقی(میلی گرم به ازای گرم ماده خشک)، ۳. مقادیر ماده آلی قابل هضم (گرم به ازای گرم ماده خشک)، ۴. ماده آلی قابل هضم در ماده خشک(درصد)، ۵. شاخص بخش پذیری (میلی گرم به ازای میلی لیتر)، ۶. تولید بیوماس میکروبی (میلی گرم به ازای گرم ماده خشک)، ۷. بازدهی تولید بیوماس میکروبی (میلی گرم به ازای میلی گرم)، ۸. انرژی قابل متابولیسم(مگاژول به ازای هرکیلوگرم ماده خشک)، ۹. میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر(میلی مول)، a-b: میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد..(p<۰/۰۵).

1. Cumulative gas produced (ml per g dry matter), 2. In vitro total digestible dry matter (ml per g dry matter), 3. Organic matter digestibility (ml per g dry matter), 4. Digestible organic matter (percent), 5. Partitioning factor, 6. Microbial biomass produced (mg per mg), 7. Efficiency Microbial biomass produced (Percent), 8. Metabolizable energy (MJ per kilogram DM), 9. Short chain fatty acids, a-b: Means within the same row with different letters differ significantly (P<0.05).

شاخص بخش پذیری، تولید توده میکروبی و بازدهی تولید توده میکروبی بر اساس تکنیک تولید گاز

بلومل و همکاران (۱۹۹۷) و گتاچیو و همکاران (۱۹۹۸) گزارش نمودند که شاخص بخش‌پذیری می‌تواند اطلاعاتی در مورد اینکه چه مقدار از خوراک تخمیر شده صرف تولید اسیدهای چرب فرار و گازهای دفعی (عمدتا دی اکسید کربن و متان) و چه مقدار آن صرف تولید بیوماس میکروبی شده است، ارائه نمایند. در مطالعه حاضر مقادیر شاخص بخش‌پذیری از ۵/۱۳ تا ۵/۵۵ متغیر بود که دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمار های آزمایشی نبود. این دامنه منعکس کننده تولید آدنوزین تری فسفات به ازای تخمیر هر مول گلوکز می‌باشد که مقدار ۳۲ مول آدنوزین تری فسفات به عنوان حداکثر بازدهی تولید بیوماس میکروبی مطرح شده است. حداکثر نمودن تولید پروتئین میکروبی از خوراک تخمیر شده در شکمبه به عنوان یک اصل در تغذیه نشخوارکنندگان پذیرفته شده است به طوری که افزایش بازدهی پروتئین میکروبی منجر به افزایش پروتئین عبوری از شکمبه به روده باریک می‌گردد و در عوض باعث کاهش اتلاف کربن خوراک در قالب گاز های

تخمیری می‌گردد (آنیلی و همکاران ۲۰۱۱ و بیوییر ۱۹۹۳). مطالعات گذشته نشان داده است که پروتئین میکروبی منبع عمده پروتئین مورد نیاز گاو شیری برای اهداف نگهداری و تولید شیر است به همین دلیل افزایش تولید پروتئین میکروبی یکی از راه های ایده آل برای بهبود کارایی استفاده از پروتئین خام جیره در گاو شیری است (برودریک و رینال ۲۰۰۹: بریتو و همکاران ۲۰۰۷). در مطالعه حاضر توده میکروبی و بازدهی توده میکروبی در بین تیمار های آزمایشی موجود در این مطالعه معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵). البته با توجه به اینکه روش به کار برده شده به صورت پیش‌بینی می‌باشد نیاز است که بر اساس روش‌های مزرعه‌ای نیز مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کنجاله ذرت به عنوان خوراک حاصل از فرآوری دانه ذرت قابلیت استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان را خواهد داشت. نتایج تکنیک تولید گاز نشان داد که قابلیت تجزیه‌پذیری حقیقی ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم این خوراک نسبت به واریته‌های متفاوت ذرت (حاوی نشاسته شیشه‌ای، نسبتا شیشه‌ای، آردی و دنت) کمتر می‌باشد. علیرغم اینکه نرخ تولید گاز در ساعت‌های اول انکوباسیون در مورد کنجاله ذرت کمتر از تیمارهای دیگر بود اما مجموع تولید گاز در این تیمار برابر با تیمارهای دیگر بود که نشان دهنده پتانسیل جایگزینی این خوراک به جای غلات با تجزیه‌پذیری بالا در شکمبه به منظور کاهش اسیدوز می‌باشد که این مطلب نیاز به پژوهش بیشتر در دام‌های نشخوارکننده دارد.

قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک به جهت تامین هزینه های پژوهش انجام شده قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Abdel-Aal ES, Hucl M, Chibbar P, Han RN and Demeke T, 2002. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. Cereal Chemistry Journal 79, 458–464.

AbuGhazaleh AA and Jenkins TC, 2004. Short communication: Docosahexaenoic acid promotes vaccenic acid accumulation in mixed ruminal cultures when incubated with linoleic acid. Journal of Dairy Science 87, 1047-1050.

Allen MS, Longuski RA and Ying, 2008. Endosperm type of dry ground corn grain affects ruminal and total tract digestion of starch in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 91(E-Suppl.1):529. (Abstr.)

Anele UY, Südekum KH, Hummel, J Arigbede OM, Oni AO, Olanite JA, Böttger C, Ojo VO, and Jolaosho AO, 2011. Chemical characterization, in vitro dry matter and ruminal crude protein degradability and microbial protein synthesis of some cowpea (Vignaunguiculata L. Walp) haulm varieties. Animal Feed Science and Technology 163, 161–169.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Baldwin PM, 2001. Starch granule-associated proteins and polypeptides: A review. Starch Stärke 53, 475–503.

Beever DE, 1993. Ruminant animal production from forages -present position and future opportunities. In: BAKER, M. J. (ed.), Grassland for our World. SIR Publishing, p. 158.

Blummel M and Becker K, 1997. The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral-detergent fibers as described by in vitro gas production and their relationship to voluntary feed intake. British Journal of Nutrition 77:757-768.

Blummel M and Orskov ER, 1994. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Animal Feed Science and Technology 40: 109-119.

Blümmel M, 2000. Predicting the partitioning of fermentation products by combined in vitro gas volumechniques. iques. Techniques. (ed.), Grassland for our World. SIR Publishing, p. 1tion: Fermentation

Kinetics for Feed Evaluation and to Assess Microbial activity. British Society of Animal Science, Penicuik, Midlothian pp. 48, p.

Brito AF, Broderick GA, Olmos Colmenero GA and Reynal SM, 2007. Effects of feeding formate-treated alfalfa silage or red clover silage on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 90:1392–1404.

Brito AF, Petit HV, Pereira ABD, Soder KJ and Ross S, 2015. Interactions of corn meal or molasses with a soybean-sunflower meal mix or flaxseed meal on production, milk fatty acid composition, and nutrient utilization in dairy cows fed grass hay-based diets. Journal of Dairy Science 98, 443–457.

Broderick GA and Reynal SM, 2009. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 92, 2822-34.

Buchanan BB, Gruissem W and Jones RL, 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American society of plant physiology. Rockville, MD.

Buléon A, Colonna P, Planchot V and Ball S, 1998. Mini review Starch granules: Structure and biosynthesis. International Journal of Biological Macromolecules 23, 85–112.

Chai WZ, van Gelder AH and Cone JW. 2004. Relationship between gas production and starch degradation in feed samples. Animal Feed Science and Technology 114, 195–204.

Clark JH and Davis CL, 1983. Future improvement of milk production: potential for nutritional improvement. Journal of Animal Science 57, 750-764.

Cone JW and Van Gelder AH, 1999. The influence of protein fermentation on gas production profiles. Animal Feed Science and Technology 76, 251–264.

Cone JW, van Gelder AH and Driehuis, F, 1997. Description of gas production profiles with a three-phasic model. Animal Feed Science and Technology 66 (1-4): 31-45.

Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Lauer JG and Kohn K, 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. Journal of Dairy Science 85:3008-3012.

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.

Getachew G, Blummel M, Makkar HPS and Becker K, 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. Animal Feed Science and Technology 72, 261–281.

Getachew G, Grovetto GM, Fondivilla M, Krishnamoorthy B, Singh Sphaghero H, Steingass PH, Robinson PH and Kailas MM, 2002. Laboratory Variation of 24h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology 102: 169-180.

Getachew G, Makkar HPS and Becker K, 1998. The in vitro gas coupled with ammonia nitrogen measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using the incubation medium of different buffering capacity. Journal of the Science of Food and Agriculture 77 (1998)87-95.

Getachew G, Makkar HPS and Becker K, 2001. Effect of different amounts and method of application of polyethylene glycol on efficiency of microbial protein synthesis in an in vitro system containing tannin rich browses, EAAP Satellite Symposium, Gas production: fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity, 18-19 August, Wageningen, The Netherlands.

Gozho GN, and Mutsvangwa T, 2008. Influence of carbohydrate source on ruminal fermentation characteristics, performance, and microbial protein synthesis in dairy cows. Journal of Dairy Science 91, 2726-2735.

Grings EE, Blummel M and Sudekum KH, 2005. Methodological considerations in using gas production techniques for estimating ruminal microbial efficiencies for silage-based diets. Animal Feed Science and Technology 123, 527–545.

Groot JCJ, Cone JW, Williams BA, Debersaques FMA and Lantinga EA, 1996. Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology 64, 77–89.

Hamaker BR, Mohamed AA, Habben JE, Huang CP and Larkins BA, 1995. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. Cereal Chemistry Journal 72 (6), pp. 583-588.

Kazemi-Bonchenari M, Salem AZM and Lopez S, 2017. Influence of barley grain particle size and treatment with citric acid on digestibility, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in Holstein calves. Animal 18:1-8.

Knowlton KF, Allen MS and Erickson PS, 1996. Lasalocid and particle size of corn grain for dairy cows in early lactation. 2. Effect on ruminal measurements and feeding behavior. Journal of Dairy Science 79, 565-574.

Krishnamoorthy U, Soller H, Steingass H and Menke KH, 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analysis and rumen inoculum studies in vitro. Animal Feed Science and Technology 52, 177–188.

Lindeboom N, Chang PR and Tyler RT, 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review. Starch Stärke 56, 89–99.

McAllister TA, Phillippe RC, Rode LM and Cheng KJ, 1993. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. Journal of Animal Science 71, 205-212.

Menke KH and Steingass H, 1988. Estimation of the energetic fed value from chemical analysis and in Vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Development 2: 7-55.

Mohr H, Schopfer P. 1995. Physiology of Stress Resistance. Springer pp 539-566.

Mparo Lopez-Rubio J, Clarke M, Ben Scherer DL, Elliot P and Gilbert. 2009. Structural modifications of granular starch upon acylation with short-chain fatty acids.Food Hydrocolloids 23.7.1940-1946.

Ngonyamo-Majee D, Shaver RD, Coors JG, Sapienza D and Lauer JG, 2008. Relationship between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm. II. Ruminal and post-ruminal degradabilities. Animal Feed Science and Technology 142:259-274.

Nocek JE, 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. Journal of Dairy Science, 80, 1005- 1028.

Parand A and Taghizadeh A, 2009**.** Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. Journal of Animal Science Researches 20(2), 2-13.

Philippeau C and Michalet-Doreau B, 1997. Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. Animal Feed Science and Technology 68, 25−35

Philippeau C and Michalet-Doreau B, 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. Journal of Dairy Science 81, 2178-2184.

Philippeau C, Landry J and Michalet-Doreau B, 2000. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. Journal of the Science of Food and Agriculture 80, 404-408.

Philippeau C, Le Deschault de Monredon F and Michalet-Doreau B, 1999. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. Journal of Animal Science 77(1), 238-243.

Schofield P, Pitt RE and Pell AN, 1994. Kinetics of fibre digestion from in vitro gas production. Journal of Animal Science 72, 2980–2991.

Svihus B, Uhlen AK and Harstad OM, 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. Journal of Animal Feed Science and Technology 122, 303-320.

Swan CG, Bowman JGP, Martin JM and Giroux MJ, 2006. Increased puroindoline levels slow ruminal digestion of wheat (Triticum aestivum L.) starch by cattle. Journal of Animal Science 84, 641-650.

Taylor CC and Allen MS, 2005. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. Journal of Dairy Science 88(4):1413-1424.

Theurer CB, Huber JT and Santos FAP, 1995. Feeding and managing for maximal milk protein. Pages 59–67 in Proc. Southwest Nutr. And Manage. Conf., Awahtuckee, AZ, Dept. Anim. SCI., Univ. Arizona, Tucson.

Tilley JMA, and Terry RA, 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. British Journal of nutrition 18,104-111.

Uchida K, Ballard CS, Mandebvu P, Sniffen CJ and Carter MP, 2001. Effect of variation in proportion of cornmeal and steamrolled corn in diets for dairy cows on behavior, digestion, and yield and composition of milk. Journal of Dairy Science 84:453–461.

Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, 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, PJ, 1994. Nutritional ecology of ruminants, 2nd edn, Cornell University Press.

Vasanthan T and Bhatty RS, 1996. Physicochemical properties of small and large granule starches of waxy, regular and high amylose barleys. Cereal Chemistry Journal 73: 199–207.

Walker JA and Harmon DL, 1995. Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. Journal of Animal Science 73: 3766–3774.

Wallace JC, Lopes MA, Paiva E and Larkins BA, 1990. New Methods for Extraction and Quantitation of Zeins Reveal a High Content of gamma-Zein in Modified opaque-2 Maize. Journal of Plant physiology 92(1):191-196.

Ying Y and Allen MS, 1998. Effects of fineness of grinding and conservation method of corn grain on ruminal starch digestion kinetics in Holstein heifers before and after calving. Journal of Dairy Science 81 (Suppl. 1): 318(Abstr.).

Yu P, Huber JT, Santos FAP, Simas JM and Theurer CB, 1998. Effect of ground steam flaked, and steam rolled corn grains on performance of lactating cows. Journal of Dairy Science 81:777–783.

Zebeli Q, Mansmann D, Steingass H and Ametaj BN, 2010. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. Livestock Science 127, 1–10.

Use of in vitro gas production technique for evaluation of corn meal nutritional value and fermentative predictions with comparison to some cereal sources

MH Sirjani[1], M Kazemi-Bonchenari[2*], F Fatehi[3], MH Moradi[4] and HPS Makkar[5]

Received: April 16, 2017 Accepted: December 13, 2017

[1]Gratuated Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Arak, Arak, Iran
[2]Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran
[4]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran
[5]Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Viale Terme DI Caracalla, 00150 Rome, Italy
[*]Corresponding author: E mail: m-kazemibonchenari@araku.ac.ir

Introduction: Corn meal is a by-product of corn grain which is a relatively new feedstuff in ruminant nutrition. This feed stuff is a by-product of corn after oil extraction. There is lack of information regarding the chemical analysis as well as its nutrient degradation in rumen. Moreover, the nutritional characteristics did not compare with other grains yet. Therefore, identification of its nutritional value is necessary for ration formulation. The aim of the present study was to evaluate and compare the nutritional value of corn meal with different corn varieties based on gas test technique as well as identification of microbial mass and short chain fatty acids (SCFA) concentration predicted based on this technique. The microbial protein production prediction was estimated as well to evaluate and compare the potential to produce microbial protein in corn meal and other grain sources.

Material and methods: Different grain sources which had been used extensively in local dairy farms had been used to compare their potential for gas production with corn meal as new feedstuff. The treatments were as follows 1) corn meal, 2) ground barley grain, 3) ground corn grain (contain semi-vitreous starch), 4) ground corn grain (contain floury starch), 5) ground corn grain (contain vitreous starch), 6) ground dent corn grain, 7) pure corn starch. Different grain sources were categorized based on starch form content. All the samples were ground to pass 1 mm sieve. The rumen liquor was collected from three non-lactating, non-pregnant dairy cows fed a similar basal diet. The gas production technique was conducted in three periods for and each sample has three subsamples in each period (totally nine repeat for each experimental feedstuff). Gas production was measured on 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, and 72 h after incubation. The measurement was done based on gas produced for fast and slow degradable fractions of feedstuffs and total volume was measured based on total gas produced through 72 h after incubation. In addition to gas production measurement, other fermentation parameters such as partitioning factor (PF), organic matter digestibility (OMD), microbial biomass production (MBP), metabolisable energy (ME), SCFA were estimated as well. In addition, the cumulative gas produced based on ml gas produced per mg of dry matter for different experimental feedstuffs was calculated.

Results and discussion: Results showed that corn meal has the lowest gas production volume from rapidly degradable pool, and floury starch contained corn had the highest rate of gas production volume. Slowly degradable pool of corn meal, also, has the highest (greatest) gas production volume. Despite these differences among treatments regarding the gas production in different sampled times, however, the total amount of gas produced in the different treatments was not significant. The results show that the proportional ratio of gas production was different based on different incubation times, but total produced gas was similar among treatments. The results show that cumulative gas produced (ml/mg DM) was differed between treatment with the lowest value for corn meal (124.48 ml/mg DM). The prediction results based on gas test method showed that digestibility of dry matter and

organic matter from corn meal was lower in comparison with all varieties of grain corn. This may have related to chemical composition of this feedstuff in comparison to other treatments. Partitioning factor was statistically constant among treatments. Microbial biomass production as well as its efficiency was similar among treatments. This shows that corn meal was as same as other grain sources in affecting the microbial fermentation *in vitro*. Furthermore, metabolizable energy and predicted volatile fatty acids concentration of corn meal had the lowest value among treatments (10.30 Mj/Kg DM). The lower concentration for volatile fatty acid (1.10 mmol) predicted for corn meal clear that this by-product could not supply as adequate energy as supplied by other treatments for animal on farm scale. The lower ME content as well as the lowest SCFA predicted in corn meal treatment may be related to greater fiber content in comparison with other treatments. The greater cell wall content has potential to reduce energy content and total volatile acid production in rumen. Although the predicted SCFA concentration of other grain sources were greater than that of corn meal, all the predicted values were similar among grain sources. This was mostly because similar chemical analysis among these grains.

Conclusion: The results of the present study showed corn meal had lower energy content compared to corn grain varieties as well as barley grain. However total gas volume production and microbial biomass produced for this feedstuff was similar to other experimental feedstuffs. Future studies need to evaluate the performance of the animal fed with corn meal when compared with other conventional grains.

Keywords: Corn meal, Corn grain, Gas production, Starch.