



تعیین قابلیت انحلال و توانایی تولید اسید برخی مواد خوراکی و بررسی تخمیر برون تنی آنها در شرایط طبیعی و اسیدوز القاء شده

طاهر یلچی^۱، اسداله تیموری یانسری^۲، منصور رضایی^۳ و یداله چاشنی دل^۴

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (taheryalchi@yahoo.com)

۲، ۳ و ۴- دانشیار، استاد و استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۳

چکیده

این پژوهش به منظور تعیین قابلیت انحلال و تولید اسید برخی مواد خوراکی در شرایط تخمیری مختلف انجام شد. قابلیت انحلال در دامی ۳۹ درجه سانتی گراد و در مدت ۲۴ ساعت و توانایی تولید اسید با افزودن کربنات کلسیم به محیط کشت صاف شده حاصل از تخمیر تعیین شد. تخمیر ۶ ساعته مواد خوراکی در سرتگ‌های ویژه تولید گاز در دو شرایط طبیعی و اسیدوز القاء شده انجام شد. میانگین قابلیت انحلال ماده خشک و توانایی تولید اسید برای کل مواد خوراکی به ترتیب ۳۱۶/۱ گرم در کیلوگرم و ۱۱/۷۲ میلی گرم کلسیم در هر گرم بود. بهترین مدل رگرسیونی برای برآورد توانایی تولید اسید برای کل مواد خوراکی با مقادیر کربوهیدرات‌های غیرالیافی ($R^2 = 0/91$) و برای گروه‌های مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های غیرالیافی و غنی از پروتئین خام با قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک ($R^2 = 0/83$) به دست آمد. در شرایط تخمیر طبیعی بین مقدار pH و تولید گاز همبستگی زیادی ($r = -0/91$) وجود داشت. بیشترین مقدار pH در تخمیر طبیعی ۶ ساعته مربوط به پوسته خارجی برنج و کاه گندم و کمترین مقدار مربوط به ملاس نیشکر و تفاله مرکبات بود. پوسته خارجی برنج، کاه گندم، یونجه، سیلاز ذرت و تفاله چغندر قند مقاومت بیشتری را در شرایط اسیدوز القاء شده نسبت به سایر مواد خوراکی نشان دادند. نتایج نشان داد که از قابلیت انحلال و محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی می‌توان در ایجاد مدل‌های برآورد توانایی تولید اسید مواد خوراکی استفاده نمود. همچنین امکان تعیین ویژگی‌های تخمیری تعدادی از مواد خوراکی معمول و محصولات فرعی یا کمتر شناخته شده از نظر تولید اسید و گاز با روش‌های غربال‌گری ارائه شده در مدت زمان کوتاه میسر است.

واژه‌های کلیدی: تولید اسید، تولید گاز کوتاه مدت، فرآورده‌های فرعی، قابلیت انحلال، مقاومت به اسیدوز القاء شده

مقدمه

هرچند از نظر ترکیبات شیمیایی تاحدودی شناخته شده‌اند اما از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی از جمله قابلیت انحلال، میزان تولید اسید و گازهای تخمیری اطلاعات معدودی در دسترس است (۲۶،۹،۲). استفاده از برخی از روش‌ها برای شناسایی ویژگی‌های مواد خوراکی با استفاده از حیوان زنده قبل از شناسایی آن‌ها در آزمایشگاه ممکن است سلامتی حیوان را تهدید نموده و هزینه‌های انجام آزمایش را افزایش دهد. از طرفی تعیین برخی ویژگی‌های یک ماده خوراکی در حیوان زنده با محدودیت‌هایی همراه است. از جمله به نحوه جذب اسیدهای چرب فرار در شکمبه می‌توان اشاره کرد که با تغییر غلظت آن‌ها و pH شکمبه مقدار جذب نیز تغییر می‌کند (۲۰،۵). همچنین شکمبه از یک حالت پایداری نسبی برخوردار بوده و حیوان می‌تواند تاحدودی با تغییرات ایجاد شده به لحاظ فیزیولوژیکی مقابله نموده و تطابق پیدا کند (۲۳). شناسایی مواد خوراکی از نظر مقدار تولید اسید می‌تواند در به کارگیری مناسب آن‌ها در جیره‌های غذایی دام‌های نشخوارکننده مفید باشد. در تعیین ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی، ایجاد و توسعه مدل‌های برآورد رگرسیونی می‌تواند در پیش‌بینی یک ویژگی ماده خوراکی استفاده شود. همچنین شناسایی مواد خوراکی از نظر تولید اسید و گاز در شرایط تخمیر طبیعی و اسیدوز القاء شده به‌ویژه در یک دوره زمانی کوتاه ۶ ساعته (که مدت زمان معمول برای مصرف یک وعده غذایی و زمان لازم برای کاهش حداکثری pH شکمبه در دام‌های پرتولید (۱۵) است) با استفاده از یک الگوی غربالگری آزمایشگاهی (۲۵) می‌تواند ممکن شود. شناسایی ویژگی‌های تخمیری مواد خوراکی از نظر تولید اسید و گاز می‌تواند در

سیستم‌های پرورش متراکم دام به ویژه برای دام‌های پرواری و گاوهای پرشیر متکی به مصرف مقادیر زیاد کنسانتره در جیره است. دانه‌های غلات و به‌طور اعم بخش کنسانتره‌ای از قابلیت تخمیر زیادی در شکمبه برخوردار هستند، ممکن است سبب اسیدوز شکمبه‌ای، نفخ و ناهنجاری‌های متابولیک شوند (۲۶،۱۱). اسیدوز تحت حاد شکمبه‌ای^۱ با کاهش pH شکمبه زیر ۵/۸ به مدت ۶ ساعت یا بیشتر در روز تعریف می‌شود (۲۸). اسیدوز با تغییر جمعیت مطلوب میکروبی سبب کاهش کارایی ساخت پروتئین میکروبی شده و زیان‌های اقتصادی را موجب می‌شود (۱۴). در برخی از گله‌ها بیش از ۴۰ درصد گاوها به اسیدوز مبتلا بوده (۸) که زیان اقتصادی حاصله از آن در ایالات متحده آمریکا تا یک میلیارد دلار در سال برآورد شده است (۶). از عوارض اسیدوز کاهش اشتها و به‌دنبال آن کاهش مصرف ماده خشک، کاهش تخمیر الیاف، کاهش درصد چربی شیر، بروز لنگش، آبسه‌های کبدی و کاهش بهره‌وری دام است (۲۱،۱۵). در تعیین ارزش تغذیه‌ای یک ماده خوراکی علاوه بر ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی آن نیز باید مورد توجه قرار گیرد. ویژگی‌های فیزیکی از جمله قابلیت انحلال که با قابلیت دسترسی مواد مغذی مرتبط است در شناسایی بیشتر مواد خوراکی مفید بوده و استفاده بهینه از آن‌ها را ممکن می‌سازد. افزایش قیمت مواد خوراکی رایج در تغذیه دام در سال‌های اخیر سبب ترغیب پرورش‌دهندگان دام به استفاده از فرآورده‌های فرعی کارخانجات صنایع غذایی و پسماندهای کشاورزی در جیره‌ها شده است. برخی از این فرآورده‌ها

شده و به ازای هر کیسه ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. برای جلوگیری از رشد میکروبی از سدیم آزید (۲۵۰ میلی گرم در لیتر) و ترکیبی از پنی سیلین و استرپتومایسین (۲۵ میلی گرم در لیتر) استفاده شد. کیسه‌ها بعد از ۲۴ ساعت از محلول خارج شده و به مدت ۵ دقیقه به آرامی با آب شسته شده و در آن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. بعد از تعیین وزن خشک کیسه‌ها ماده آلی بقایا هم با سوزاندن بقایا در کوره الکتریکی در ۵۶۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (۱). برای هر ماده خوراکی ۴ تکرار در نظر گرفته شد. از تفاوت بین مقادیر اولیه و باقی مانده بعد از انحلال قابلیت انحلال هر بخش به دست آمد.

توانایی تولید اسید

برای تعیین توانایی تولید اسید مواد خوراکی از روش وادوا و همکاران (۲۶) با انجام برخی تغییرات استفاده شد. یک گرم از نمونه خوراکی در ۳۰ میلی لیتر محیط کشت (تهیه شده از مایع شکمبه و بافر رقیق با نسبت ۴۰ به ۶۰ به همراه ترکیب آل-سیستین هیدروکلرید مونوهیدرات^۱ به میزان ۰/۰۲۵ درصد (وزن به حجم) در بطری‌های شیشه‌ای مجهز به دریچه خروج گاز به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد تخمیر شد. بعد از انکوباسیون ۲ میلی لیتر از مایع صاف شده محیط کشت به لوله‌های حاوی ۵۰ میلی گرم کربنات کلسیم اضافه شده و بعد از تکان دادن به مدت ۲۰ دقیقه با ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. کلسیم مشتق شده از کربنات کلسیم در مایع شفاف بالایی با اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شده و به صورت میلی‌گرم کلسیم به ازای هر گرم ماده خشک بیان شد (۲۶، ۱۳). تغییرات انجام شده در این آزمایش در جیره دریافتی گوسفندان (۶۰ درصد کنسانتره به جای ۳۰ تا ۴۰ درصد)، روش تهیه مایع شکمبه (ناشتا به جای ۳ ساعت بعد از خوراک‌دهی) و تکان دادن لوله‌های حاوی کربنات کلسیم به مدت ۱۵ ثانیه با دستگاه ورتکس با ۱۰۰۰ دور در دقیقه به جای تکان دادن با دست بود. علاوه بر تعیین تولید اسید به روش فوق، pH محیط کشت هم بلافاصله در پایان آزمایش با دستگاه pH متر مدل PB-11 Sartorius با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد.

تولید اسید و گاز کوتاه مدت در شرایط تخمیر طبیعی

برای اندازه‌گیری تولید اسید و گاز کوتاه مدت مواد خوراکی آماده شده در سرنگ‌های ویژه اندازه‌گیری تولید گاز تخمیر شدند. مایع شکمبه از سه رأس گوسفند فیستوله‌دار قبل از خوراک‌دهی صبح تهیه و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد تحت گاز CO₂ با پارچه متقال دو لایه صاف شد. گوسفندان جیره‌ای شامل ۶۰ درصد کنسانتره (دانه جو، سبوس گندم و مکمل معدنی ویتامینه) و ۴۰ درصد علوفه (کاه گندم و یونجه) در دو وعده صبح و عصر با دسترسی آزاد به آب دریافت می‌کردند. مایع شکمبه تهیه شده به میزان ۱۰ میلی لیتر (بدون افزودن بافر) به داخل هر سرنگ حاوی ۲۰۰ میلی گرم از مواد خوراکی ریخته شده و سرنگ‌ها به بن ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. هر دو ساعت یک بار سرنگ‌ها تکان داده شده و حجم گاز تولیدی با دقت ۰/۵ میلی لیتر قرائت و ثبت شد. برای تصحیح تغییرات مایع شکمبه از نمونه استاندارد

انتخاب مواد خوراکی برای تنظیم جیره‌های حاوی کنسانتره زیاد که خطر ایجاد اسیدوز و نفخ کمتری داشته باشند به ویژه برای مواد خوراکی کمتر شناخته شده مفید باشد. هدف از این پژوهش تعیین قابلیت انحلال، تولید اسید مواد خوراکی در زمان‌ها و شرایط مختلف تخمیر و ایجاد روابط رگرسیونی به منظور برآورد مقدار تولید اسید مواد خوراکی معمول در تغذیه دام و برخی فرآورده‌های فرعی است.

مواد و روش‌ها

مواد خوراکی و تعیین ترکیبات شیمیایی

این پژوهش در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بین سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ با استفاده از مواد خوراکی معمول در تغذیه دام‌های نشخوارکننده و برخی از فرآورده‌های فرعی شامل کاه گندم، سیلاژ ذرت، علوفه یونجه خشک شده در آفتاب، تقاله چغندر، تقاله مرکبات، سبوس گندم، پوسته خارجی برنج، دانه جو، دانه ذرت، دانه گندم، ضایعات آردسازی، ضایعات بوجاری گندم، کنجاله سویا، کنجاله پنبه دانه با لینت، کنجاله کلزا، کنجاله آفتاب‌گردان با پوسته، کنجاله کنجد، بقایای تقطیر دانه‌های گندم و ملاس نیشکر انجام شد. نمونه‌های مواد خوراکی (به جز سیلاژ ذرت) در آن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه سیلاژ ذرت با استفاده از فریزدرایر (شرکت اوپرون، مدل FDU-8624، ساخت کره جنوبی) در مدت سه روز خشک شد. نمونه‌های خشک با آسیاب دارای الک با قطر منفذ یک میلی‌متر آسیاب و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در ۴ تکرار شامل پروتئین خام، چربی خام، ماده آلی و خاکستر با روش‌های AOAC (۱) اندازه‌گیری شدند. بخش‌های الیافی شامل الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)؛ با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت^۱ و به دو صورت خاکستری شده (aNDFom) و نشده (aNDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) با روش ون‌سوست و همکاران (۲۴) تعیین شدند. کربوهیدرات‌های غیرالیافی (NFC) از تفاضل مجموع پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی از کل بخش ماده خشک محاسبه شد (۱۹). مواد خوراکی در سه گروه شامل: ۱: غنی از کربوهیدرات‌های الیافی، ۲: غنی از کربوهیدرات‌های غیرالیافی و ۳: غنی از پروتئین خام طبقه‌بندی شدند (جدول ۱).

قابلیت انحلال

برای تعیین قابلیت انحلال بخش‌های ماده خشک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خشک و خاکستر از مواد خوراکی خشک شده که با آسیاب مجهز به الک به اندازه ۲ میلی‌متر آسیاب شده بودند، استفاده شد. ۲/۵ گرم از نمونه‌ها داخل کیسه‌های نایلونی به ابعاد ۷×۱۲ سانتی‌متر با قطر منفذ ۱۷ میکرون ریخته شده و با نخ بسته شدند. مقدار نمونه نسبت به سطح کیسه به ازای هر یک سانتی‌متر مربع از سطح کیسه، ۱۵ میلی‌گرم نمونه منظور شد. کیسه‌های آماده شده به داخل بطری‌های شیشه‌ای ویژه دستگاه شیشه‌ساز هضم شکمبه‌ای (انکوم) با گردش دائم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل

1- Amylase, heat-stable, A3306-10ML, Sigma-Aldrich.

2- L-Cysteine hydrochloride monohydrate, Product Number C7880, Sigma-Aldrich.

وجود داشت. تفاله مرکبات بیشترین قابلیت انحلال (به جز انحلال خاکستر) را در بین مواد خوراکی داشت. مقدار پکتین تفاله مرکبات ۲۲/۳ درصد گزارش شده است (۲). پژوهشگران پیشین هم در بررسی قابلیت انحلال مواد خوراکی شامل دانه‌های غلات، مواد علوفه‌ای و برخی فرآورده‌های فرعی (به جز ملاس) گزارش کردند که تفاله مرکبات به دلیل برخورداری از پکتین بالا و NDF کم، بیشترین مقدار انحلال را داشت (۹). پژوهشگران پیشین اثر اندازه ذرات را در مقدار ماده خشک محلول معنی‌دار گزارش کردند (۱۰). قابلیت انحلال هرچند می‌تواند برآوردی از قابلیت دسترسی مواد مغذی برای حیوان باشد اما برخی ترکیبات محلول مانند فرآورده‌های میلاردی، تانن‌های محلول و ترکیبات فنولی قابل هضم نبوده (۷) و توسط باکتری‌های شکمبه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. واتیاکس و همکاران (۲۷) همبستگی بالایی ($r = 0/9$) را بین ماده خشک حل شده و جرم حجمی حلال داخل پیکنومتر ۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱/۵ گرم ماده خشک مواد علوفه‌ای مشاهده کردند. جرم حجمی با میزان عبور مواد از فضای شکمبه نگاری به بخش‌های پایین‌تر و ماندگاری در شکمبه ارتباط دارد (۳). تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مواد خوراکی به لحاظ قابلیت انحلال وجود داشت ($P=0/001$). برخلاف پروتئین و خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی همبستگی منفی و بالا و NFC همبستگی مثبت و بالایی را با قابلیت انحلال نشان داد (جدول ۳). مطابق با نتایج پژوهشگران پیشین (۹)، در این پژوهش نیز همبستگی معنی‌داری بین قابلیت انحلال و محتوای خاکستر مواد خوراکی وجود نداشت.

توانایی تولید اسید

در بین مواد خوراکی ملاس نیشکر بیشترین تولید اسید را داشت. در رتبه‌های بعدی تفاله مرکبات و مواد دانه‌ای قرار داشتند. کنجاله‌ها (به جز کنجاله سویا)، کاه گندم و پوسته خارجی برنج کمترین میزان تولید اسید را داشتند که دلیل آن را می‌توان به مقاومت بالای این مواد خوراکی به تخمیر میکروبی به واسطه داشتن الیاف لیگنینی شده بالا نسبت داد. سیلاژ ذرت و سبوس گندم در بین مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های الیافی از توانایی تولید اسید بیشتری برخوردار بودند. سیلاژ ذرت حاوی اسیدهای تخمیری از جمله اسید لاکتیک بوده که در حین فرآیند سیلوسازی ایجاد می‌شود (۱۶). این اسیدهای آلی سبب کاهش pH محیط کشت و افزایش توانایی تولید اسید شد. هرچند بیش از ۴۰ درصد سبوس گندم را الیاف نامحلول در شوینده خنثی تشکیل می‌دهد اما بیش از ۲۳ درصد آن از NFC تشکیل شده که از تخمیر بیشتری برخوردار بوده که منجر به بالا بودن توانایی تولید اسید آن نسبت به سایر مواد خوراکی غنی از الیاف شد. شرایط اسیدی شکمبه قابلیت هضم جیره به ویژه قابلیت هضم الیاف را تحت تأثیر قرار می‌دهد به طوری که برخی از پژوهشگران با افزودن نشاسته به جیره بر پایه یونجه کاهش pH شکمبه یا محیط کشت و به دنبال آن کاهش قابلیت هضم الیاف یونجه را گزارش کردند (۱۸). توانایی تولید اسید به‌دست آمده برای اغلب مواد خوراکی با گزارش‌های پیشین

و شاهد استفاده شد. از پودر گلوکز^۱ به مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم و با دو تکرار در هر بار انکوباسیون به‌عنوان شاهد (شاهد اسیدوزی) استفاده شد. بعد از ۶ ساعت کل حجم گاز تولید شده ثبت و pH محتویات سرنگ‌ها با دستگاه pH متر با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. برای هر ماده خوراکی ۲ تا ۳ تکرار در دو بار متوالی انجام آزمایش با فاصله یک هفته انجام شده و برای هر ماده خوراکی ۵ مشاهده به ثبت رسید.

تولید اسید و گاز کوتاه مدت در شرایط القاء اسیدوز

تمامی مراحل این آزمایش مشابه اندازه‌گیری تولید اسید و گاز کوتاه مدت در شرایط تخمیر طبیعی انجام شد با این تفاوت که برای القاء اسیدوز، ۳۰۰ میلی‌گرم پودر گلوکز، به محتویات هر سرنگ افزوده شد. همچنین از تیمارهای شاهد اسیدوزی (۵۰۰ میلی‌گرم گلوکز در ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه) و شاهد آنتی‌بیوتیکی استفاده شد. تیمارهای آنتی‌بیوتیکی حاوی پنی‌سیلین و لینکومایسین بودند. مقادیر مناسب گلوکز برای تیمار شاهد اسیدوزی و تیمارهای آنتی‌بیوتیکی در یک پیش‌آزمایش (نتایج گزارش نشده است) تعیین شده بود. برای هر ماده خوراکی ۳ تکرار در دو بار متوالی انجام آزمایش با فاصله یک هفته انجام شده و برای هر ماده خوراکی ۶ مشاهده به ثبت رسید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ در قالب طرح کامل تصادفی با استفاده از رویه‌های ANOVA و GLM (برای آزمایش تولید اسید و گاز کوتاه مدت) تجزیه واریانس شدند. میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه شدند. مقایسه میانگین بین سه گروه مواد خوراکی با روش مقایسه‌های گروهی متعامد انجام شد. داده‌های به دست آمده از ترکیبات شیمیایی و قابلیت انحلال به‌منظور برآورد توانایی تولید اسید، برای مدل‌های رگرسیونی چندگانه از درجه اول تا سوم برازش داده شدند. در انتخاب بهترین متغیر برای مدل از روش گام‌به‌گام با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده و سطح معنی‌داری آنها با استفاده از رویه CORR انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

میانگین ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی در جدول ۱ نشان داده شده است. تفاله مرکبات جمع‌آوری شده با شماره بین‌المللی ۲۳۷-۴-۰۱-۴ جداول استاندارد مطابقت داشت (۱۹). ترکیبات شیمیایی به‌دست آمده از مواد خوراکی با مقادیر موجود در جداول استاندارد NRC (۱۹) مطابقت داشت و تفاوت جزئی موجود نیز ناشی از واریته محصول و تنوع شرایط تولید محصول در مناطق مختلف می‌باشد.

قابلیت انحلال

با توجه به ماهیت مایع بودن ملاس نیشکر این ماده خوراکی بیشترین و کامل‌ترین (۱۰۰ درصد) مقدار انحلال را در بین مواد خوراکی داشت (جدول ۲). طبق گزارش‌های پیشین (۹) تفاوت زیادی بین قابلیت انحلال مواد خوراکی

1- D(+)-Glucose monohydrate, 108342, Merck.

Penicillin G 300000U

3- Lincomycin 40%®, Lincomycin hydrochloride.

2- Benzathine penicillin G 600000U +Potassium G300000U +Procaine

4- Stepwise

۳۰ تا ۴۰ درصد). افزایش نسبت مواد کنسانتره‌ای در جیره سبب تغییر جمعیت میکروبی به نفع باکتری‌های تجزیه کننده نشاسته شده، تعداد و فعالیت آن‌ها را افزایش می‌دهد (۴).

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of feedstuffs (g kg ⁻¹ DM)					
NFC	ADF	aNDFom	aNDF	خاکستر	پروتئین خام
گروه مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های الیافی					
۲۲۲/۷	۳۶۷/۱	۴۶۲/۳	۴۷۳/۴	۱۱۹/۴	۱۶۸/۷
۲۰۷/۴	۳۱۵/۷	۵۸۶/۶	۵۹۶/۲	۶۴/۸	۸۰/۹
۱۰۴/۰	۵۲۴/۸	۷۹۱/۷	۸۰۸/۱	۶۲/۸	۳۰/۳
۳۳۱/۵	۱۱۷/۹	۴۰۰/۷	۴۱۸/۳	۵۰/۰	۱۷۳/۸
۴۶/۵	۷۱۷/۱	۷۵۷/۹	۸۷۲/۱	۱۶۱/۳	۲۹/۸
۲۷۹/۴	۲۱۱/۴	۵۰۰/۷	۵۱۰/۷	۶۶/۶	۱۱۹/۶
۱۴۴/۱	۱۹۵/۹	۶۲۴/۲	۶۳۲/۸	۱۹/۶	۱۵۴/۶
۱۹۰/۸	۳۵۰/۰	۵۸۹/۲	۶۱۵/۹	۷۷/۸	۱۰۸/۲
گروه مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های غیرالیافی					
۵۵۲/۰	۵۱/۸	۲۶۰/۳	۲۶۸/۵	۲۲/۵	۱۳۸/۳
۷۳۴/۹	۲۴/۹	۱۳۴/۶	۱۳۵/۹	۱۰/۶	۷۶/۸
۶۶۷/۶	۲۶/۱	۱۶۵/۰	۱۶۷/۳	۱۵/۳	۱۳۱/۰
۶۲۱/۲	۵۵/۴	۱۸۸/۲	۱۹۰/۸	۳۱/۰	۱۳۷/۱
۴۳۶/۸	۲۱۳/۳	۴۰۷/۲	۴۲۷/۱	۵۸/۷	۸۵/۸
۷۳۹/۳	۱۴۰/۴	۱۵۲/۸	۱۵۵/۳	۴۴/۳	۵۳/۴
۷۸۱/۹	-/۰	-/۰	-/۰	۱۸۴/۱	۳۴/۱
۶۴۶/۲	۷۳/۱	۱۸۶/۹	۱۹۲/۲	۵۴/۴	۹۳/۷
گروه مواد خوراکی غنی از پروتئین خام					
۲۶۶/۸	۹۸/۴	۱۸۹/۸	۱۹۸/۴	۶۵/۲	۴۶۲/۶
۱۵۹/۲	۳۷۸/۰	۴۳۱/۵	۴۹۱/۲	۱۷۱/۶	۱۸۲/۸
۱۵۶/۶	۲۵۳/۹	۳۹۲/۱	۴۰۶/۹	۶۸/۶	۳۶۷/۰
۱۶۸/۴	۳۴۶/۸	۴۶۹/۵	۴۷۶/۱	۶۹/۱	۲۸۲/۴
۷۱/۷	۱۱۳/۲	۳۲۷/۱	۳۴۰/۳	۱۲۱/۰	۴۴۵/۸
۱۶۴/۹	۲۳۷/۹	۳۶۱/۷	۳۸۲/۳	۹۹/۱	۳۳۷/۹

۱: الیاف نامحلول در شوینده خنثی بدون خاکسترگیری، ۲: الیاف نامحلول در شوینده خنثی خاکسترگیری شده، ۳: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، ۴: کربوهیدرات‌های غیرالیافی

شکمه سبب تولید آمونیاک، اسیدهای آمینه و پپتیدها می‌شود (۲۳) که افزایش pH و تقویت ظرفیت بافری را موجب می‌شوند. داده‌های حاصل از pH بعد از تخمیر ۲۴ ساعته نشان می‌دهند که این اندازه‌گیری نیز توانسته مقدار تولید اسید از مواد خوراکی را مشخص نماید اما دامنه بسیار محدودتری (۴/۷۱ تا ۶/۸۶) نسبت به روش توانایی تولید اسید (۰/۳۱ تا ۳۵/۶۵) داشت، همچنین همبستگی پایین‌تری با صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش نسبت به توانایی تولید اسید دارد. بخش NFC یا کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی به‌طور عمده شامل قندها، نشاسته، فروکتان‌ها و پکتین است (۲۴) که از قابلیت انحلال بالا در آب (۹) و از تخمیر زیادی در شکمه برخوردار است. دانه جو نسبت به دانه ذرت از قابلیت انحلال و توانایی تولید اسید بیشتری برخوردار بود ($P < 0.05$).

برآورد توانایی تولید اسید با روابط رگرسیون

بهترین متغیر مستقل برای برآورد توانایی تولید اسید کل مواد خوراکی، NFC بود (رابطه ۱ و شکل ۱). یک رابطه رگرسیونی نیز برای برآورد توانایی تولید اسید کل مواد خوراکی با استفاده از قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک ایجاد شد (رابطه ۲ و شکل ۲).

در این پژوهش مایع شکمه تهیه شده توانایی بیشتری در تخمیر NFC داشته به همین دلیل مواد خوراکی غنی از NFC توانایی تولید اسید بیشتری را نسبت به گزارش‌های پیشین نشان دادند. بیشترین همبستگی توانایی تولید اسید با NFC به دست آمد اما پروتئین خام و خاکستر همبستگی معنی‌داری نداشتند. قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک بیشترین همبستگی را با توانایی تولید اسید نشان داد. با توجه به همبستگی بالای بین توانایی تولید اسید و محتوای NFC، گروه مواد خوراکی که غنی از NFC بیشترین توانایی تولید اسید را داشت که در مقایسه با دو گروه دیگر تفاوت معنی‌داری هم داشتند ($P = 0.001$). گروه غنی از الیاف و غنی از پروتئین خام رتبه‌های بعدی را از نظر توانایی تولید اسید به‌خود اختصاص داده بودند هرچند تفاوت معنی‌داری را هم داشتند ($P = 0.168$). این نتایج با گزارش‌های پژوهشگران پیشین (۲۶، ۱۹، ۱۳) مطابقت دارد. پایین بودن توانایی تولید اسید مواد خوراکی غنی از پروتئین به محتوای پروتئین خام موجود در آن‌ها مرتبط است. جاسایتس و همکاران (۱۲) گزارش کردند که مواد خوراکی غنی از پروتئین خام از pH و ظرفیت بافری بیشتری به‌دلیل دارا بودن گروه‌های آمینی برخوردارند. همچنین تجزیه پروتئین‌ها در

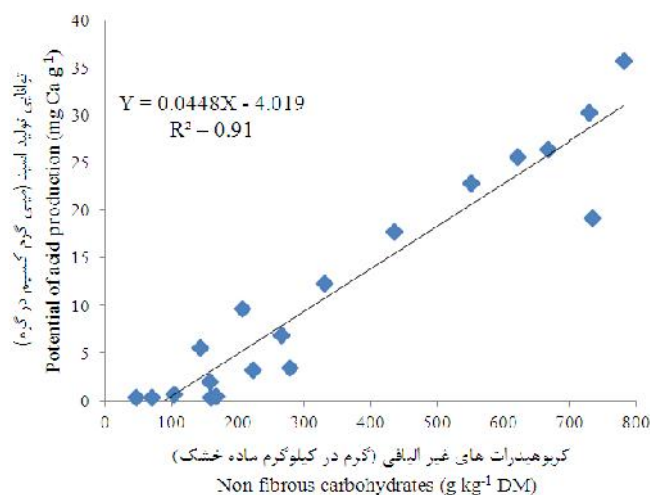
جدول ۲- قابلیت انحلال (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و توانایی تولید اسید (میلی گرم کلسیم در هر گرم ماده خشک) مواد خوراکی بعد از انکوباسیون ۲۴ ساعته به همراه pH

Table 2. Solubility (g kg⁻¹ DM) and potential of acid production (mg Ca g⁻¹ DM) of feedstuffs after 24h incubation with pH

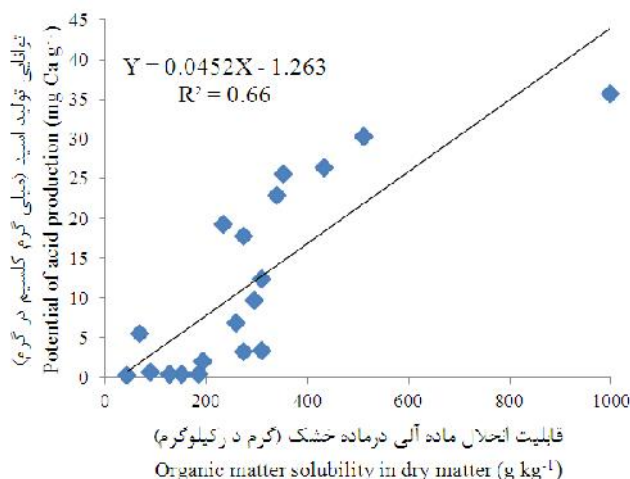
pH	توانایی تولید اسید	'SASH	'SOMDM	'SOM	'SDM	
۵/۸۸ ^{de}	۳/۱۸ ^l	۷۳۵/۳ ^c	۲۷۵/۰ ⁿ	۳۱۲/۳ ^g	۳۶۲/۸ ^c	گروه مواد خوراکی غنی از لیاف
۵/۴۷ ^f	۹/۶۹ ^g	۶۸۲/۸ ^g	۲۹۴/۷ ^g	۳۱۵/۳ ^g	۳۳۹/۳ ^f	یونجه
۶/۲۸ ^{bc}	۰/۶۴ ^l	۳۹۱/۱ ⁱ	۹۰/۳ ⁿ	۹۶/۲ ⁿ	۱۱۴/۸ ^{mn}	سیلاژ ذرت
۵/۲۴ ^g	۱۲/۳۴ ^f	۸۸۶/۶ ^d	۳۱۱/۱ ^t	۳۲۷/۵ ^f	۳۵۵/۴ ^{ce}	کاه گندم
۶/۸۶ ^d	۰/۳۰ ^m	۲۸/۴ ^f	۴۳/۸ ^p	۵۲/۳ ^p	۴۸/۴ ^o	سیوس گندم
۵/۹۵ ^d	۳/۴۱ ^l	۶۵۵/۴ ^l	۳۰۹/۹ ^t	۳۳۲/۱ ^f	۳۵۳/۶ ^c	پوسته خارجی برنج
۵/۸۵ ^{de}	۵/۵۰ ^l	۴۶۸/۰ ^k	۶۸/۱ ^o	۶۹/۴ ^o	۷۷/۲ ⁿ	ضایعات آردسازی
۵/۹۳	۵/۰۱	۵۴۹/۷	۱۹۹/۰	۲۱۵/۰	۲۳۵/۹	بقایای تقطیر گندم
۰/۰۷	۰/۴۱	۲/۲۷	۴/۰۱	۴/۳۴	۴/۱۷	میانگین
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	SEM
						ارزش P
						گروه مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های غیرالیافی
۴/۹۱ ^{lj}	۲۲/۸۸ ^d	۳۹۱/۱ ⁿ	۳۴۰/۷ ^c	۳۳۸/۵ ^c	۳۵۵/۸ ^c	دانه جو
۵/۰۳ ^{mi}	۱۹/۲۰ ^e	۸۸۷/۱ ^d	۲۳۴/۷ ^l	۲۳۷/۳ ^l	۲۴۵/۵ ^l	دانه ذرت
۴/۸۸ ^{jk}	۲۶/۳۶ ^c	۸۵۹/۰ ^c	۴۳۳/۷ ^c	۴۴۰/۴ ^c	۴۴۶/۸ ^c	دانه گندم
۵/۰۱ ^d	۲۵/۵۶ ^c	۷۰۸/۰ ^t	۳۵۲/۸ ^d	۳۶۵/۱ ^d	۳۷۵/۷ ^d	ضایعات بوجاری گندم
۵/۱۷ ^{en}	۱۷/۷۳ ^e	۳۲۹/۷ ⁿ	۲۷۴/۳ ⁿ	۲۹۱/۳ ⁿ	۲۹۳/۵ ⁿ	تفاله چغندر
۴/۷۴ ^{ik}	۳۰/۳۷ ^d	۲۳۵/۴ ^p	۵۱۱/۲ ^d	۵۳۴/۹ ^d	۵۲۱/۶ ^d	تفاله مرکبات
۴/۷۱ ^k	۳۵/۶۵ ^a	۱۰۰۰/۰ ^a	۱۰۰۰/۰ ^a	۱۰۰۰/۰ ^a	۱۰۰۰/۰ ^a	ملاس نیشکر
۴/۹۲	۲۵/۳۸	۶۷۰/۴	۴۵۰/۰	۴۵۹/۶	۴۶۲/۷	میانگین
۰/۰۶	۰/۸۰	۲/۲۱	۳/۸۵	۳/۹۶	۳/۹۲	SEM
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	ارزش P
						گروه مواد خوراکی غنی از پروتئین خام
۵/۷۶ ^{mi}	۶/۹۰ ⁿ	۷۷۰/۶ ^d	۲۶۰/۴ ^l	۲۷۸/۶ ^l	۳۱۰/۶ ^g	کنجاله سویا
۶/۲۳ ^e	۰/۳۳ ^m	۲۷۱/۶ ^o	۱۵۲/۲ ^l	۱۸۳/۷ ^l	۱۹۸/۸ ^k	کنجاله پنبه دانه
۵/۹۵ ^c	۱/۹۹ ^k	۳۷۶/۴ ^m	۱۹۳/۳ ^k	۲۰۸/۸ ^k	۲۲۹/۵ ^l	کنجاله کلزا
۶/۴۱ ^d	۰/۴۳ ^{mi}	۵۴۶/۵ ^l	۱۸۵/۸ ^k	۱۹۹/۶ ^k	۲۲۳/۶ ^l	کنجاله آفتاب گردان
۶/۳۵ ^{bc}	۰/۳۳ ^{mi}	۱۹۲/۸ ^q	۱۲۸/۹ ^{mi}	۱۴۶/۶ ^{mi}	۱۵۲/۲ ^l	کنجاله کنجد
۶/۱۳	۲/۰۰	۴۳۱/۶	۱۸۴/۱	۲۰۳/۵	۲۲۲/۹	میانگین
۰/۰۴	۰/۱۸	۱/۹۱	۲/۶۴	۲/۷۴	۲/۶۶	SEM
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	ارزش P
۵/۵۵	۱۱/۷۲	۵۶۳/۱	۲۸۷/۴	۳۰۲/۱	۳۱۶/۱	میانگین کل مواد خوراکی
۰/۰۶	۰/۵۵	۲/۱۶	۳/۶۴	۳/۸۳	۳/۷۳	SEM
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	ارزش P

در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه (برای کل مواد خوراکی) دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

۱، ۲، ۳، ۴: به ترتیب قابلیت انحلال ماده خشک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خشک و خاکستر هستند.



شکل ۱- رابطه بین توانایی تولید اسید و کربوهیدرات‌های غیر فیبری کل مواد خوراکی
Figure 1. Association between potential of acid production and non-fibrous carbohydrates of total feedstuffs



شکل ۲- رابطه بین توانایی تولید اسید و قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک کل مواد خوراکی
Figure 2. Association between potential of acid production and organic matter solubility in dry matter of total feedstuffs

۴. در روابط ۱ تا ۴، Y توانایی تولید اسید و X در رابطه ۱ مقدار NFC بر حسب گرم به ازای هر کیلوگرم و در روابط ۲ تا ۴ نشان دهنده قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک بر حسب گرم به ازای هر کیلوگرم از ماده خوراکی است. وادوا و همکاران (۲۶) نیز رابطه توانایی تولید اسید با برخی ویژگی‌های شیمیایی مواد خوراکی را خطی ارزیابی کردند. برخی از پژوهشگران پیشین (۲۶) یک رابطه رگرسیونی چندگانه را برای برآورد توانایی تولید اسید مواد خوراکی (مشابه با گروه‌های مواد خوراکی این پژوهش) با استفاده از ضرایب پروتئین خام و NDF گزارش کرده‌اند اما رابطه پیشنهاد شده ضریب رگرسیون پایین‌تری (۰/۴۲) نسبت به ضرایب به دست آمده در این پژوهش داشت.

رابطه (۱) $Y = -4.019 + 0.0448 X; n = 19;$

$RSD = 3.61; R^2 = 0.91; P < 0.001;$

رابطه (۲) $Y = -1.263 + 0.0452 X; n = 19$

$RSD = 7.06; R^2 = 0.66; P < 0.001;$

رابطه (۳) $Y = 15.536 + 0.0219 X; n = 7;$

$RSD = 2.81; R^2 = 0.83; P < 0.01;$

رابطه (۴) $Y = -7.521 + 0.0517 X; n = 5;$

$RSD = 1.33; R^2 = 0.83; P < 0.05;$

از آنجایی که ضریب رگرسیونی حاصل از گروه مواد خوراکی غنی از کربوهیدرات‌های الیافی کمتر از ۰/۵ بود، مدلی برای برآورد توانایی تولید اسید پیشنهاد نشد. برای هر دو گروه مواد خوراکی غنی از NFC و غنی از پروتئین خام، قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک به‌عنوان بهترین متغیر مستقل در برآورد توانایی تولید اسید گزینش شد (رابطه ۳ و

جدول ۳- ضرایب همبستگی (r) بین قابلیت انحلال، توانایی تولید اسید و ترکیبات شیمیایی
Table 3. Correlation coefficients (r) between solubility, potential of acid production and chemical compositions

	NFC	ADF	aNDFom	aNDF	خاکستر	پروتئین خام	
توانایی تولید اسید	۰/۷۷***	۰/۷۳***	-۰/۵۶*	-۰/۷۱***	-۰/۷۱***	۰/۱۸ ^{NS}	قابلیت انحلال ماده خشک
	۰/۸۰***	۰/۷۵***	-۰/۵۷*	-۰/۷۱***	-۰/۷۱***	۰/۱۸ ^{NS}	قابلیت انحلال ماده آلی
	۰/۸۱***	۰/۷۶***	-۰/۵۷*	-۰/۷۱***	-۰/۷۱***	-۰/۲۹ ^{NS}	قابلیت انحلال ماده آلی در ماده خشک
	۰/۴۸*	۰/۵۵*	-۰/۶۳**	-۰/۵۲*	-۰/۵۶*	-۰/۲۹ ^{NS}	قابلیت انحلال خاکستر
	۱/۰۰	۰/۹۵***	-۰/۶۹**	-۰/۷۶***	-۰/۷۶***	-۰/۴۳ ^{NS}	توانایی تولید اسید

NS: عدم تفاوت معنی‌داری و *, **, ***: وجود تفاوت معنی‌داری به ترتیب در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ می‌باشد.

۱: الیاف نامحلول در شوینده خنثی بدون خاکستری، ۲: الیاف نامحلول در شوینده خنثی خاکستری شده، ۳: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، ۴: کربوهیدرات‌های غیرالیافی.

کاهش pH شکمبه و تولید گاز داشته‌اند که برای پیشگیری از اسیدوز و نفخ در حیوان باید احتیاط بیشتری هنگام استفاده از آن‌ها در جیره به‌عمل آید. بیشترین مقدار pH یا کمترین مقدار تولید اسید مربوط به پوسته خارجی برنج و کاه گندم بود. اغلب مواد خوراکی که تولید اسید بیشتری داشتند گاز بیشتری نیز تولید کرده بودند که این نتیجه با گزارش کیم و همکاران (۱۳) مطابقت داشت. همبستگی بالایی بین pH و تولید گاز

تولید اسید و گاز کوتاه مدت در شرایط تخمیر طبیعی
نتایج به دست آمده برای pH در شرایط تخمیر طبیعی (جدول ۴ و شکل ۳) نشان می‌دهد که تنها ملاس نیشکر و تفاله مرکبات با شاهد اسیدوزی (گلوکز) تفاوت معنی‌داری ندارند. هرچند دانه و سبوس گندم نیز از نظر عددی نزدیک به تیمار شاهد اسیدوزی بودند. با توجه به نتایج بدست آمده ملاس نیشکر، تفاله مرکبات و دانه گندم توانایی زیادی در

گاز کمتر و معنی‌داری نسبت به دانه جو دارد که می‌تواند یکی از مزایای استفاده از آن را در جیره‌های با کنسانتره زیاد باشد. نتایج حاصل از دو مرحله آزمایشی تخمیر ۲۴ و ۶ ساعته تولید اسید در مورد کنجاله‌ها نشان داد که این مواد خوراکی تمایل کمتری به تولید اسید داشتند و از دلایل آن آزاد شدن ترکیبات ازته در حین تخمیر و خاصیت این ترکیبات در افزایش pH و تقویت ظرفیت بافری عنوان شد، اما همین مواد خوراکی در شرایط اسیدوز القاء شده مقاومت کمتری به افت pH داشته و در مجاورت تیمار شاهد اسیدوزی قرار گرفتند. برخی محققین (۱۷) نشان داده‌اند که تجزیه پروتئین در جیره‌های غنی از کنسانتره کاهش می‌یابد و علت آن را کاهش حلالیت پروتئین در شرایط اسیدی می‌دانند. زمانی که مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های سهل الهضم در دسترس باکتری‌های شکمبه قرار می‌گیرد مقدار زیادی اسیدهای چرب فرار در یک مدت زمان معین نسبت به در اختیار بودن کربوهیدرات‌های ساختمانی تولید می‌شود. همچنین در فرایندهای تخمیری مسیر آکریلات نسبت به مسیر سوکسینات در تولید پروپیونات از پیرووات غالب می‌شود. در این شرایط لاکتات بیشتری تولید می‌شود که قدرت اسیدی بیشتری ($pK_a=3/86$) نسبت به استات ($pK_a=4/76$)، پروپیونات ($pK_a=4/88$) و بوتیرات ($pK_a=4/82$) دارد (۴). در این پژوهش تولید اسید بیشتر از مواد خوراکی غنی از NFC را می‌توان به مقادیر زیاد اسیدهای چرب فرار و اسید لاکتیک تولید شده هنگام تخمیر در محیط کشت در مقایسه با سایر مواد خوراکی نسبت داد.

این پژوهش روش‌های غربالگری را در شناسایی مواد خوراکی از نظر تولید اسید (تخمیر ۲۴ و ۶ ساعته) با تأکید بر قابلیت انحلال و مقاومت در برابر اسیدوز القاء شده ارائه داد. نتایج نشان داد که با استفاده از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مواد خوراکی از جمله محتوای NFC و قابلیت انحلال می‌توان توانایی تولید اسید یک ماده خوراکی را برآورد کرد. از آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش می‌توان در ارزیابی مواد خوراکی کمتر شناخته شده و فرآورده‌های فرعی از نظر ویژگی‌های تخمیری همچنین اثر افزودنی‌های مختلف بر شرایط تخمیر برون‌تنی، در پژوهش‌های آینده استفاده نمود. نتایج این پژوهش شاید بتواند در انتخاب مواد خوراکی برای تنظیم جیره‌های غذایی دام‌های نشخوارکننده با خطر ناهنجاری‌های متابولیک کمتر از جمله اسیدوز تحت حاد شکمبه‌ای و نفخ مفید باشد.

وجود داشت. روابط رگرسیونی بین مقادیر pH و تولید گاز در رابطه ۵ و ۶ نشان داده شد. در این روابط V حجم گاز تولید شده از ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در مدت ۶ ساعت است:

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{pH} = 6.306 - 0.0431 V; n = 20;$$

$$\text{RSD} = 0.13; R^2 = 0.81; P < 0.001;$$

$$\text{رابطه (۶)} \quad V = 121.04 + 18.76 \text{ pH}; n = 20;$$

$$\text{RSD} = 2.70; R^2 = 0.81; P < 0.001;$$

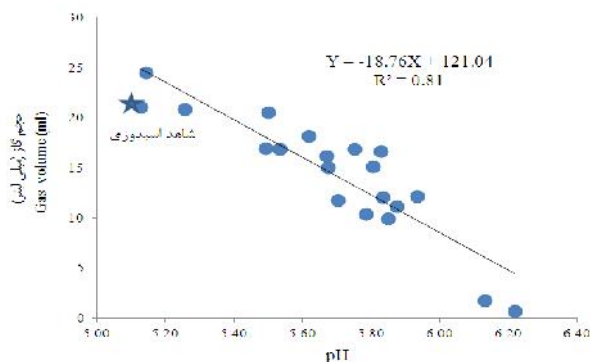
تولید اسید و گاز کوتاه مدت در شرایط اسیدوز القاء شده

پوسته خارجی برنج، کاه گندم، یونجه، سیلاژ ذرت و تفاله چغندر (بدون تفاوت معنی‌داری بین خودشان) در مجاورت دو شاهد آنتی‌بیوتیکی و مواد خوراکی شامل کنجاله کلزا، کنجاله سویا، کنجاله پنبه دانه، ضایعات بوجاری گندم و دانه گندم (بدون تفاوت معنی‌دار بین خودشان) در مجاورت تیمار شاهد اسیدوزی قرار دارند. گروه اول بیشترین و گروه دوم کمترین مقاومت را در مقابل اسیدوز از خود نشان دادند. برخلاف آزمایش قبل مقدار ضریب رگرسیون بین pH و تولید گاز کمتر بود ($R^2=0/51$). در شرایط اسیدوز القاء شده گلوکز افزوده شده به سرعت توسط میکروب‌های شکمبه تخمیر شده که نتیجه آن به هم خوردن شرایط معمول تخمیر و تغییر ویژگی‌های تخمیری ماده خوراکی و مقاومت متفاوت آنها در شرایط اسیدوز القاء شده می‌باشد به طوری که افزایش تولید گاز و کاهش pH حتی در مواد خوراکی مانند کاه گندم و پوسته خارجی برنج نیز رخ داده است. این تغییرات، تخمیر ماده خوراکی را نسبت به شرایط تخمیر طبیعی تحت تاثیر قرار داده و سبب کاهش مقدار ضریب رگرسیون بین حجم گاز تولیدی و pH نسبت به شرایط تخمیر طبیعی شده است. برای سادگی تفسیر نتایج حاصل از تولید گاز، گلوکز و ملاس نیشکر (بدون تفاوت معنی‌دار بین خودشان) باهم به عنوان شاهد انتخاب شدند. در این صورت مواد خوراکی به ترتیب به دو گروه تولیدکنندگان کمتر و بیشتر گاز قابل تقسیم شدند. گروه تولیدکنندگان کمتر گاز شامل تیمارهای آنتی بیوتیکی به همراه پوسته خارجی برنج، دانه ذرت، کاه گندم و سیلاژ ذرت (بدون تفاوت معنی‌دار بین خودشان) و بقیه مواد خوراکی دارای تفاوت معنی‌دار با این گروه و بدون تفاوت معنی‌دار با شاهد اسیدوزی بودند. یک بررسی اختصاصی برای دانه جو و ذرت از نظر میزان تولید اسید و گاز در هر دو شرایط تخمیر طبیعی و اسیدوز القاء شده نشان می‌دهد که دانه ذرت تولید

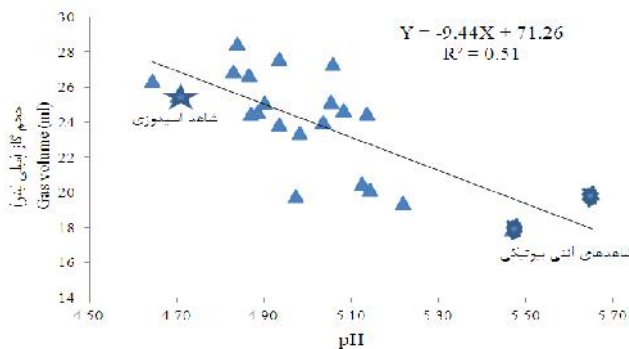
جدول ۴- مقادیر pH و تولید گاز (میلی لیتر) در شرایط تخمیر طبیعی و اسیدوز القا شده از مواد خوراکی در آزمایشگاه
Table 4. Values of pH and gas production (ml) in natural and induced acidosis fermentation conditions from feedstuffs in laboratory

القاء اسیدوز		تخمیر طبیعی		
کل حجم گاز	pH	کل حجم گاز	pH	
۲۴/۵۱ ^{cuert}	۵/۱۴ ^{cu}	۱۲/۱۰ ^g	۵/۹۳ ^{bc}	یونجه
۲۰/۵۱ ^g	۵/۱۳ ^{cde}	۱۰/۳۰ ^{hi}	۵/۷۹ ^{cde}	سیلاژ ذرت
۲۰/۱۸ ^g	۵/۱۵ ^{ca}	۱۷/۰ ^j	۶/۱۳ ^{ad}	گاه گندم
۲۵/۱۷ ^{bcdet}	۵/۰۷ ^{det}	۲۰/۵۱ ^d	۵/۵۰ ^{fg}	سبوس گندم
۱۹/۳۹ ^g	۵/۲۲ ^c	۰/۶۳ ⁱ	۶/۲۲ ^h	پوسته خارجی برنج
۲۵/۰۹ ^{bcdet}	۴/۹۰ ^{gh}	۹/۹۰ ⁱ	۵/۸۵ ^{cd}	ضایعات آرد سازی
۲۳/۳۹ ⁱ	۴/۹۸ ^{etgn}	۱۱/۱۰ ^{gh}	۵/۸۷ ^{ncd}	بقایای تقطیر گندم
۲۴/۰۱ ^{det}	۵/۰۴ ^{detg}	۱۶/۱۱ ^{det}	۵/۶۷ ^{det}	دانه جو
۱۹/۷۶ ^g	۴/۹۸ ^{gh}	۱۱/۶۹ ^{gh}	۵/۷۰ ^{cdet}	دانه ذرت
۲۴/۵۹ ^{cuert}	۴/۸۹ ^{hi}	۱۶/۹۱ ^{cu}	۵/۴۹ ^{fg}	دانه گندم
۲۴/۵۱ ^{cdet}	۴/۸۷ ^{hi}	۱۶/۸۱ ^{cde}	۵/۵۳ ^{et}	ضایعات بوجاری گندم
۲۴/۶۸ ^{cdet}	۵/۰۹ ^{cdet}	۱۷/۱۱ ^c	۵/۶۳ ^{det}	تفاله چغندر
۲۳/۸۳ ^{et}	۴/۹۴ ^{gn}	۲۰/۸۱ ^d	۵/۳۶ ^{gn}	تفاله مرکبات
۲۶/۳۹ ^{abcde}	۴/۶۵ ^l	۲۴/۴۶ ^a	۵/۱۴ ^{cd}	ملاس نیشکر
۲۸/۴۷ ^a	۴/۸۴ ^{hi}	۱۶/۸۰ ^{cde}	۵/۷۵ ^{cdet}	کتچاله سویا
۲۶/۷۷ ^{ancu}	۴/۸۷ ^{hi}	۱۲/۰ ^{gh}	۵/۸۳ ^{cu}	کتچاله پنبه دانه
۲۶/۸۹ ^{abc}	۴/۸۳ ^l	۱۵/۰۰ ⁱ	۵/۶۸ ^{cdet}	کتچاله کلزا
۳۷/۳ ^{anc}	۵/۰۶ ^{cuert}	۱۶/۶۰ ^{cuert}	۵/۸۳ ^{cu}	کتچاله آفتاب گردان
۳۷/۶۴ ^{ab}	۴/۹۴ ^{gh}	۱۵/۱۰ ^{et}	۵/۸۱ ^{cde}	کتچاله کنجد
۲۵/۵۰ ^{ncuert}	۴/۷۰ ^l	۲۱/۰۵ ^d	۵/۱۳ ^{hi}	گلوکز (شاهد اسیدوزی)
۱۹/۹۳ ^g	۵/۶۵ ^h	-	-	شاهد آنتی بیوتیکی ۱
۱۷/۹۳ ^g	۵/۴۷ ^d	-	-	شاهد آنتی بیوتیکی ۲
۲۴/۱۳	۵/۰۰	۱۴/۲۸	۵/۶۹	میانگین کل
۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۰۹	SEM
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	P

شاهد آنتی بیوتیکی ۱ حاوی پنی سیلین و شاهد آنتی بیوتیکی ۲ حاوی لینکومایسین در هر ستون میانگین های با حروف غیرمشابه در سطح ۵٪ معنی دار می باشند.



شکل ۳- رابطه بین pH و حجم گاز تولیدی در شرایط تخمیر طبیعی کوتاه مدت
Figure 3. Association between pH and volume of gas production in short time natural fermentation condition



شکل ۴- رابطه بین pH و حجم گاز تولیدی در شرایط اسیدوز القا شده
Figure 4. Association between pH and volume of gas production in induced acidosis condition

منابع

1. Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official method of analysis. Vol.1. 17th Ed. AOAC. Arlington. VA. pp: 120-155.
2. Bamnidis. V.A. and P.H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 128: 175-217.
3. DesBordes. C.K. and J.G. Welch. 1984. Influence of specific gravity on rumination and passage of indigestible particles. *Journal of Animal Science*, 59: 470-475.
4. D'Mello. J.P.F. 2000. Farm animal metabolism and nutrition. CABI Publishing. Wallingford. 438 pp.
5. Diikstra. J., J.L. Ellis. E. Kebreab. A.B. Strathe. S. López. J. France and A. Bannink. 2012. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology*, 172: 22-33.
6. Donovan. J. 1997. Subacute acidosis is costing us millions. In: Laarman. A.H., Sugino. T. and Oba. M. (eds) Effects of starch content of calf starter on growth and rumen pH in Holstein calves during the weaning transition. *Journal of Dairy Science*. 95: 4478-4487.
7. Fonseca. A.J.M., A.A. Dias-da-Silva and E.R. Ørskov. 1998. *In sacco* degradation characteristics as predictors of digestibility and voluntary intake of roughages by mature ewes. *Animal Feed Science and Technology*. 72(3): 205-219.
8. Garrett. F.F., M.N. Pereira. K.V. Nordlund. L.F. Armentano. W.J. Goodger and G.R. Oetzel. 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82: 1170-1178.
9. Giger-Reverdin, S. 2000. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 53-69.
10. Golchin-Gelehdooni, S., A. Teimori-Yanesari, and H. Taghavi kargan. 2013. The effects of alfalfa particle size and processed canola meal on physicochemical properties of ration in Zel sheep. *Research on Animal Production*. 4(7): 47-61 (In Persian).
11. Gressley, T.F. 2014. Inflammatory responses to sub-acute ruminal acidosis. 25th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium Florida. pp: 28-39.
12. Jasaitis. D.K., J.E. Wohlt and J.L. Evans. 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 70: 1391-1403.
13. Kim, E.T., S.S. Lee, H.J. Kim, J.Y. Song, C.H. Kim and J.K. Ha. 2012. Effects of dietary potential acid production value on productivity in dairy cows. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 25: 653-658.
14. Kleen, J.L. and C. Cannizzo. 2012. Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds. *Animal Feed Science and Technology*. 172: 4-8.
15. Krause. K.M. and G.R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 126: 215-236.
16. Kung. L., J.M. Lim. D.J. Hudson. J.M. Smith and R.D. Joerger. 2015. Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. *Journal of Dairy Science*, 98: 2055-2062.
17. Molero, R., M. Ibars, S. Calsamiglia, A. Ferret and R. Losa. 2004. Effects of a specific blend of essential oil compounds on dry matter and crude protein degradability in heifers fed diets with different forage to concentrate ratios. *Animal Feed Science and Technology*, 114: 91-104.
18. Naderi Jabadraghi, M. and R. Pirmohammadi. 2013. The effect of starchy source digestion on alfalfa hay digestibility by *in vivo* and *in vitro* methods. *Research on Animal Production*, 4(8): 24-34 (In Persian).
19. NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Revised Edition. The National Academies press. Washington. DC. USA. 363 pp.
20. Penner. G.B. 2014. Mechanisms of volatile fatty acid absorption and metabolism and maintenance of a stable rumen environment. 25th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium Florida. pp: 92-106.
21. Plaizier. J.C., D.O. Krause. G.N. Gozho and B.W. McBride. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*. 176: 21-31.
22. Rustomo. B., O. AlZahal. N.E. Odongo. T.F. Duffield and B.W. McBride. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 89: 4758-4768.
23. Van Soest. P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca, United States, 488 pp.
24. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
25. Vercoe, P.E., H.P.S. Makkar and A.C. Schlink. 2010. *In Vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht, Netherlands, 247 pp.
26. Wadhwa, D., N.F.G. Beck, L.P. Borgida, M.S. Dhanoa and R.J. Dewhurst. 2001. Development of a Simple *In Vitro* Assay for Estimating Net Rumen Acid Load from Diet Ingredients. *Journal of Dairy Science*. 84: 1109-1117.
27. Wattiaux, M.A., L.D. Satter and D.R. Mertens. 1993. Factors affecting volume and specific gravity measurements of neutral detergent fiber and forage particles. *Journal of Dairy Science*, 76: 1978-1988.
28. Zebeli. O. and B.U. Metzler Zebeli. 2012. Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Research in Veterinary Science*, 93: 1099-1108.

Determination of Solubility and Potential of Acid Production of some Feedstuffs and Investigation of their *In Vitro* Fermentation in Natural and Induced Acidosis Conditions

Taher Yalchi¹, Asadollah Teimouri Yansari², Mansour Rezaei³ and Yadollah Chashnidel⁴

1- PhD Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: taheryalchi@yahoo.com)

2, 3 and 4- Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Received: October 20, 2015

Accepted: February 7, 2016

Abstract

This study was conducted to determine solubility and acid production of some feedstuffs in various fermentation conditions. The solubility was determined at a temperature of 39°C for 24 h and the potential of acid production (PAP) was measured by adding calcium carbonate to filtered fermentation medium. Fermentation of feedstuffs was performed in special gas production syringes both natural and induced acidosis conditions. Total feedstuffs had 316.1 g kg⁻¹ and 11.72 mg Ca g⁻¹ for DM solubility and PAP, respectively. The best regression model to estimate PAP was made by non-fibrous carbohydrates (NFC) for all feedstuffs ($R^2 = 0.91$) and by soluble OM in DM for both high NFC and high crude protein groups ($R^2 = 0.83$). In natural fermentation condition there was high correlation ($r = -0.91$) between pH and gas production. The rice hull and wheat straw had the highest and the sugar cane molasses and citrus pulp had the lowest pH in 6h natural fermentation condition. The rice hull, wheat straw, alfalfa hay, corn silage and sugar beet pulp were more resistant than others in induced acidosis. The results showed that solubility and NFC content can be used in models that estimate PAP of feedstuffs. Also determination of fermentation characteristics of some common and by-products or lesser-known feedstuffs in terms of acid and gas production in a short time is possible by presented screening methods.

Keywords: Acid production, By-products, Short time gas production, Solubility, Resistance to induced acidosis