نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد دوم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://ejrr.gau.ac.ir

تأثیر نوع منبع کربوهیدرات غیرالیافی بر تخمیرپذیری برخی از مواد خوراکی با استفاده از روش تولید گاز و کشت ثابت

فرخنده رضائی[1] و محسن دانش مسگران[2]*

[1]استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه پیام‌نور، [2]استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/٤/٥ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۸

چکیده

در این آزمایش اثر افزودن انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی (ساکارز، نشاسته و یا مخلوط مساوی از هر دو) بر مقدار تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیرپذیری برخی از مواد خوراکی مورد مطالعه قرار گرفت. مواد خوراکی در آزمایش تولید گاز (سلولز خالص، علف خشک یونجه و تفاله چغندرقند) و کشت ثابت (علف خشک یونجه، سبوس گندم و تفاله چغندرقند) به‌صورت مکمل نشده و یا مکمل شده (۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک) با کربوهیدرات‌های غیرالیافی (ساکارز، نشاسته و ساکارز + نشاسته) استفاده شدند. میزان تولید گاز در ساعات ۲، ٤، ۸، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در هر دو تیمار مکمل شده و مکمل نشده مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج حاصل از تولید گاز نشان داد که افزودن هر سه تیمار حاوی کربوهیدارت‌های غیرالیافی به خوراک‌ها در تمام زمان‌ها (به‌جز در زمان دو ساعت) موجب افزایش معنی‌دار تولید گاز گردید ($P<۰/۰۵$). افزودن ساکارز در مقایسه با نمونه شاهد موجب افزایش معنی‌دار نرخ تولید گاز در علف خشک یونجه شد ($P<۰/۰۵$). افزودن نشاسته به تفاله چغندرقند باعث کاهش معنی‌دار نرخ تولید گاز شد ($P<۰/۰۵$). هم‌چنین زمانی‌که علوفه پایه علف خشک یونجه یا تفاله چغندرقند بود افزودن ساکارز، نشاسته یا ساکارز + نشاسته به‌طور معنی‌داری تولید گاز از بخش قابل تخمیر را افزایش داد ($P<۰/۰۵$). در آزمایش کشت ثابت افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی هضم ماده خشک را در علف

*مسئول مکاتبه: frezaii@pnu.ac.ir

خشک یونجه به‌طور معنی‌داری کاهش داد. ثابت نرخ هضم ماده خشک در تفاله چغندرقند و سبوس گندم (به‌جز زمانی‌که ساکارز به سبوس گندم اضافه شد) به‌طور معنی‌داری با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی کاهش یافت (P<۰/۰۱). بخش فاقد پتانسیل هضم ماده خشک در علف خشک یونجه با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی به محیط کشت به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵).

واژه‌های کلیدی: سلولز، یونجه، تفاله چغندرقند، ساکارز، نشاسته

مقدمه

برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای گاوهای شیری و یا گوشتی پر تولید، ضروری است که جیره‌ها با خوراک‌های غنی از انرژی کامل شوند. کربوهیدرات‌ها به تقریب ٦٥ تا ٧٠ درصد از جیره گاوهای شیری را تشکیل می‌دهند. غلات و محصولات جانبی مثل ملاس، برای افزایش انرژی قابل استفاده به غذاهای نشخوارکنندگان اضافه می‌شوند (هاتینگتون، ۱۹۹۷؛ لیکوس و همکاران، ۱۹۹۷). سایر محصولات جانبی مثل پوسته سویا (رویز و همکاران، ۲۰۰۱)، پوسته مغز بادام (گریسر و همکاران، ۱۹۹۵)، تفاله چغندرقند (منسفیلد و همکاران، ۱۹۹٤) و تفاله مرکبات (لیوا و همکاران، ۲۰۰۰؛ آرثینگتون و همکاران، ۲۰۰۲)، به‌عنوان جایگزینی برای غلات استفاده شده‌اند. این محصولات جانبی دارای نشاسته کم‌تر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی بیش‌تری در مقایسه با غلات هستند و ممکن است مقدار قند آن‌ها بیش‌تر باشد (هال، ۱۹۹۸). نشاسته به سرعت در دستگاه گوارش هضم می‌شود، اما نرخ هضم آن از منابع قندی کم‌تر است. استفاده بهینه از محصولاتی که حاوی قند بالا هستند در برنامه‌های مکمل‌سازی نیاز به اطلاعاتی از تأثیر آن‌ها بر منابع علوفه‌ای دارد و این‌که در مقایسه با سایر مکمل‌های کربوهیدراته رایج مثل نشاسته چه اثراتی دارند.

به‌طورمعمول همراه با افزودن منابع کربوهیدرات دارای سرعت تخمیر بالا به جیره‌های علوفه‌ای کاهش هضم الیاف اتفاق می‌افتد. نوع کربوهیدراتی که همراه با علوفه استفاده می‌شود نیز می‌تواند به‌عنوان عاملی در کاهش هضم الیاف مؤثر واقع شود (فوندلیوا و همکاران، ۲۰۰۲). در این زمینه به تأثیر قندها در مقایسه با نشاسته بر هضم الیاف توجه خاصی شده است. نتایج آزمایشات برون‌تنی انجام شده توسط هلت و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که افزودن نشاسته در مقایسه با قندها اثر منفی بیش‌تری بر هضم الیاف علوفه دارد. گزارشات متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد در هنگام تغذیه

ساکارز تخمیر شکمبه‌ای تغییر می‌کند (خلیلی و هوهتانن، ب۱۹۹۱؛ سانس و همکاران، ۲۰۰۲). مکمل نمودن منابع خوراکی که در تغذیه دام استفاده می‌شوند، با کربوهیدرات‌های غیرالیافی که به سرعت در شکمبه تجزیه می‌شوند، باعث کاهش هضم الیاف علوفه می‌شود (هوهتانن و خلیلی، ۱۹۹۱؛ هلت و همکاران، ۱۹۹۹). اسیدی شدن شکمبه که در اثر تخمیر کربوهیدرات‌های غیرالیافی اتفاق می‌افتد، به ویژه هنگامی‌که pH به کم‌تر از ٦/٢ تا ٦ می‌رسد، مهم‌ترین عامل کاهش هضم الیاف در حضور کربوهیدرات‌های غیرالیافی است (فوندلیوا و همکاران، ۲۰۰۲).

هدف از انجام این آزمایش ارزیابی اثرات ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیرپذیری، مقدار و کینتیک هضم ماده خشک برخی از مواد خوراکی مورد استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان با استفاده از تکنیک تولید گاز و کشت ثابت در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها و روش انجام آزمایش تولید گاز: مواد خوراکی مورد استفاده در این آزمایش (سلولز خالص، علف خشک یونجه و تفاله چغندرقند) با استفاده از آسیاب با الک دارای منافذ ۰/۷۵ میلی‌متری آسیاب و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. ۰/۳ گرم از هر ماده خوراکی به تنهایی و یا همراه با ۲۱ میلی‌گرم (هفت درصد) از ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته توزین و در داخل سرنگ‌ها ریخته شدند. مقدار تولید گاز به روش منک و همکاران (۱۹۷۹) تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری گاز از سرنگ‌های کالیبره شده ۱۲۰ میلی‌لیتری استفاده شد. هر سه ماده خوراکی که هر کدام با چهار نوع کربوهیدرات غیرالیافی (شاهد، ساکارز، نشاسته، مخلوط مساوی ساکارز و نشاسته) کشت داده شدند. به‌طور مجموع ۱۲ تیمار و هر تیمار در چهار تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. سرنگ‌های حاوی نمونه قبل از پر شدن در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد گرم شده و سپس با ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه به بافر (نسبت یک به دو) پر شدند. مایع شکمبه از دو رأس گوسفند فیستوله شده که از جیره حاوی ٦٠ درصد علف خشک یونجه و ٤٠ درصد دانه جو در حد نگه‌داری تغذیه می‌کردند، در قبل از خوراک صبح‌گاهی جمع‌آوری شد و سپس با استفاده از پارچه دو لایه صاف گردید. گاز دادن با دی اکسید کربن بعد از افزودن مایع شکمبه تا توزیع محیط کشت در سرنگ‌ها ادامه یافت. حجم ابتدایی مایع کشیده شده به داخل سرنگ ثبت گردید، سپس در زمان‌های ۲، ٤، ٨، ١٢، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ ساعت پس از انکوباسیون، میزان تولید گاز ثبت شد. در هر

سری انجام آزمایش دو سرنگ به‌عنوان بلانک (فقط حاوی مخلوط یک به دو مایع دستگاه گوارش بـه بافر و فاقد ماده خوراکی) وجود داشت. حجم گاز تولیدی از این سرنگ‌ها که نشان می‌دهد چه مقـدار از گاز ناشی از تخمیر مواد موجود در مایع دستگاه گوارش است برای تصحیح داده‌ها استفاده شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها و محیط کشت در آزمایش کشت ثابت: مواد خوراکی با استفاده از آسیاب با الک دارای منافذ ۰/۷۵ میلی‌متری به‌خوبی آسیاب و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. تکنیک کشت غیرهوازی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت مشابه با تکنیک مورد استفاده توسط دهوریتی (١٩٦٩) بود، و محیط کشت بر اساس روش آروکوی و همکاران (۲۰۰۵) آماده شد. مایع شکمبه موردنیاز از چهار رأس گوساله نر هلشتاین که از جیره حاوی سیلاژ ذرت، علف خشک یونجه، کاه گندم، دانه جو و کنجاله سویا (به‌ترتیب ۳/٤، ۲/٤، ۰/۸، ۱/٦ و ۰/۸ کیلوگرم ماده خشک در روز) تغذیه می‌شدند، جمع‌آوری گردید. مایع شکمبه‌ای که به‌عنوان بخشی از محیط کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد باید عاری از میکروب‌های شکمبه باشد. برای سلول‌زدایی مایع شکمبه مورد استفاده در محیط کشت، ابتدا مایع شکمبه با پارچه متقال چهار لایه صاف شد، و سپس در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید و تا زمان استفاده به‌عنوان محیط کشت در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. هنگام آماده کردن محیط کشت، مایع شکمبه پس از یخ‌گشایی به‌طور مجدد با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید.

محیط کشت آماده شده در فلاسک‌های کشت ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی یک گـرم سـلولز خـالص یـا علف خشک یونجه یا تفاله چغندرقند توزیع شد، به‌گونه‌ای که به هر فلاسک، ٤٥ میلـی‌لیتـر از محـیط کشت آماده شده اضافه شد. سپس فلاسک‌ها در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. در پایان هر فلاسک با پنج میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف شده که در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود تا به آزمایشگاه منتقل شود، تلقیح شد. تلقیح تحت شرایط بی‌هوازی با تزریـق گـاز دی‌اکسیدکربن انجام شد. قبل از تلقیح مایع شکمبه که به‌عنوان مایع غنی از باکتری مورد استفاده قـرار می‌گیرد، به‌مدت یک ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا ذرات درشت در بالای مایع تجمع یابند. در هنگام تلقیح در پایان فلاسک‌های کشت در انکوباتور با دمـای ۳۹ درجـه سـانتی‌گـراد برای زمان‌های مدنظر کشت داده شد.

روش انجام آزمایش کشت ثابت: نمونه‌های خوراکی (علف‌خشک یونجه، سبوس گندم و تفاله چغندرقند) به‌صورت مکمل نشده و یا مکمل شده با کربوهیدرات‌های غیرالیافی (ساکارز، نشاسته و ساکارز + نشاسته) در زمان‌های ٤، ٨، ١٦، ٢٤، ٤٨ و ٩٦ ساعت کشت داده شدند. هر یک از منابع کربوهیدراته به‌میزان ۷۰ میلی‌گرم به یک گرم ماده خشک نمونه خوراکی در ظروف کشت افزوده شد. برای هر تیمار در هر زمان سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. در هر زمان دو ظرف به‌عنوان بلانک (بدون ماده خوراکی) و هم‌چنین سه ظرف که فقط حاوی کربوهیدرات‌های غیرالیافی بودند، کشت داده شدند. پس از هر زمان کشت، محتویات هر ظرف با استفاده از پارچه‌های نایلونی با قطر منافذ ۲۲ میکرومتر صاف شد. مواد باقی‌مانده بر روی صافی برای ماده خشک هضم نشده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شد. برای تخمین پارامترهای کینتیک هضم از مدل نمایی درجه اول استفاده شد.

تجزیه آماری آزمایش تولید گاز: حجم گاز تولید شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه آماری شدند. مواد خوراکی مختلف (علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سلولز خالص) به‌عنوان بلوک مدنظر قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی[1] نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) نسخه ویرایش شده ۹/۲ تجزیه آماری شدند، و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (در سطح احتمال پنج درصد) مورد مقایسه قرار گرفتند. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش عبارت بود از:

$$y_{ij} = \mu + f_i + n_j + (fn)ij + \varepsilon_{ij}$$

که در آن:

Y_{ij}: متغیر وابسته

μ: میانگین کل

f_i: اثر ثابت نوع ماده خوراکی

n_j: اثر ثابت نوع کربوهیدارت غیرالیافی

$(fn)_{ij}$: اثر متقابل بین نوع کربوهیدارت غیرالیافی و نوع ماده خوراکی

ε_{ij}: خطای هر مشاهده

1- General linear model

برای تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از مدل نمایی ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده گردید:

$$P = a + b\ (1-e^{-ct})$$

که در این معادله:

P: مقدار گاز تولید شده، b: تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)، c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت) و t: زمان بود.

تجزیه آماری آزمایش کشت ثابت: این آزمایش در قالب طرح کرت‌های دو بار خرد شده انجام شد. منابع مختلف علوفه به‌عنوان کرت‌های اصلی و منابع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی (شامل ماده خوراکی به تنهایی و یا مکمل شده با ساکارز و یا نشاسته و یا مخلوط آن‌ها) به‌عنوان کرت‌های فرعی و زمان انکوباسیون به‌عنوان کرت‌های فرعیِ فرعی در نظر گرفته شدند. داده‌ها با استفاده از رویه آنالیز واریانس[1] نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) نسخه ویرایش شده ۹/۲ تجزیه آماری شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (در سطح احتمال پنج درصد) مورد مقایسه قرار گرفتند.

مدل آماری که در این آزمایش استفاده شد عبارت بود از:

$$y_{ijkl} = \mu + block_i + A_j + (block \times A)_{ij} + B_k + (AB)_{ik} + block_i \times B_k(A)_j + C_l + (AC)_{jl} + (BC)_{kl} + (ABC)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

که در آن:

y_{ijkl}: متغیر وابسته

μ: میانگین کل

$block_i$: تکرار برای هر تیمار در هر زمان

A_j: اثر اصلی منبع علوفه

$(block \times A)_{ij}$: خطای تخمین A_j

B_k: اثر اصلی نوع کربوهیدرات غیرالیافی

$(AB)_{ik}$: اثر متقابل بین نوع کربوهیدرات غیرالیافی و منبع علوفه

$block_i \times B_k(A)_j$: خطا برای تخمین B_k و $(AB)_{ik}$

C_l: اثر اصلی زمان انکوباسیون

1- Analysis of variance

$(AC)_{jl}$: اثر متقابل بین زمان انکوباسیون و منبع علوفه

$(BC)_{kl}$: اثر متقابل بین زمان انکوباسیون و نوع کربوهیدرات غیرالیافی

$(ABC)_{jkl}$: اثر متقابل بین زمان انکوباسیون و منبع علوفه و نوع کربوهیدرات غیرالیافی

ε_{ijkl}: خطای باقی‌مانده

در این آزمایش از مدل نمایی برای تخمین پارامترهای کینتیک هضم استفاده شد. مدل مورد استفاده عبارت بود از:

$$D_{(t)} = D_{(i)}.\exp^{(-k.\,t)} + I$$

که در آن:

$D_{(t)}$: باقیمانده نمونه خوراکی در هر زمان

$D_{(i)}$: بخش دارای پتانسیل هضم

$k\ (h^{-1})$: ثابت نرخ هضم در هر ساعت

I: بخش فاقد پتانسیل هضم

در صورتی‌که اختلاف بین تیمارها از مجموع انحراف معیار دو فراسنجه بیش‌تر بود، تفاوت آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار گزارش شد.

نتایج و بحث

حجم گاز تولید شده: تأثیر افزودن انواع مختلف کربوهیدارت‌های غیرالیافی بر حجم گاز تولید شده از علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سبوس گندم در جدول ۱ نشان داده شده است. حجم گاز تولید شده در سه ماده غذایی مورد استفاده در این آزمایش به‌طور معنی‌داری با هم متفاوت بودند ($P<۰/۰۵$). در مجموع کم‌ترین گاز تولید شده مربوط به علف خشک یونجه و بیش‌ترین آن مربوط به سلولز خالص بود. افزودن کربوهیدارت‌های غیرالیافی به علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سلولز خالص به‌جز در زمان دو ساعت، مقدار گاز تولید شده را به‌طور معنی‌داری افزایش داد ($P<۰/۰۵$). نتایج این آزمایش، مشاهدات لی و همکاران (۲۰۰۳) را تأیید می‌کند که گزارش نمودند هنگامی‌که غلظت ساکارز تزریق شده به دستگاه گوارش به‌طور خطی افزایش پیدا کرد، غلظت کل اسیدهای چرب فرار از ۱۳۳/۳ به ۱٤۳/۱ میلی‌مول بر لیتر نیز به‌طور خطی افزایش یافت. هال و ویمر (۲۰۰۷) گزارش کردند که غلظت کل اسیدهای چرب فرار و والرات با افزایش مقدار ساکارز در ٤۸ ساعت افزایش یافت اما، آزمایش انجام شده با شکمبه مصنوعی (والیمونت و همکاران، ۲۰۰٤) نشان

داد که جایگزینی ساکارز به‌جای نشاسته تأثیری بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار ندارد (میانگین ۱۰٤/٤ میلی‌مول بر لیتر). در شرایط درون‌تنی نیز مشاهدات مشابهی گزارش شده است (برودریک و همکاران، ۲۰۰۰). هم‌چنین سانس و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تزریق ۳/۲ درصد ساکارز در جیره تأثیری بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار ندارد (میانگین ۱۲۷/۱ میلی‌مول بر لیتر).

در آزمایشات برون‌تنی (منسفیلد و همکاران، ۱۹۹٤؛ آریزا و همکاران، ۲۰۰۱) و درون‌تنی (خلیلی و هوهتانن، الف ۱۹۹۱؛ چمبرلین و همکاران، ۱۹۹۳؛ سانس و همکاران، ۲۰۰۲) نشان داده شده که تولید کل اسیدهای چرب فرار در بین منابع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی تفاوت قابل توجهی ندارد. پیونکا و همکاران (۱۹۹٤) مشاهده کردند که غلظت کل اسیدهای چرب فرار در تلیسه‌هایی که دکستروز و مواد متراکم مصرف می‌کردند، تفاوتی نداشت. در آزمایش آن‌ها غلظت‌های استات، پروپیونات، و بوتیرات نیز تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این وجود، بچ و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که غلظت کل اسیدهای چرب فرار برای ذرت بلغور شده در مقایسه با چغندرقند و ملاس در کشت مداوم افزایش می‌یابد. ریستوو و همکاران (۲۰۰۵) نیز مشاهده کردند که گلوکز در مقایسه با سایر کربوهیدرات‌ها غلظت استات و غلظت کل اسیدهای چرب فرار را به شدت کاهش داد. این محققان پیشنهاد کردند، با توجه به این‌که فعالیّت برخی از تجزیه کننده‌های پلی‌ساکاریدها به‌ویژه فعالیّت زایلاناز در اثر افزودن گلوکز کاهش یافت، کاهش مشاهده شده در غلظت کل اسیدهای چرب فرار ممکن است در نتیجه کاهش فعالیّت آنزیم‌های هضم کننده کربوهیدرات‌های ساختمانی باشد، چون بسیاری از باکتری‌ها به‌ویژه گونه‌های تجزیه‌کننده الیاف در دستگاه گوارش نمی‌توانند pH پایین را تحمل کنند. بازدهی بیشتر استفاده از آدنوزین تری فسفات در نتیجه افزودن گلوکز نیز می‌تواند مسئول بخشی از کاهش اسیدهای چرب فرار باشد (ریستو و همکاران، ۲۰۰۵).

در شرایط این آزمایش تولید گاز با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی افزایش یافت، و با این مفهوم در توافق است که تولید گاز با افزایش پیش ماده قابل تخمیر افزایش می‌یابد (بلومل و همکاران، ۱۹۹۷). هم‌چنین در آزمایش کنونی تولید گاز از سوبستراهایی که تخمیر آهسته‌تری دارند (سلولز خالص) با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی افزایش یافت. اما، هال و ویمر (۲۰۰۷) مشاهده کردند که تولید گاز از الیاف نامحلول در شوینده خنثی با افزایش مقدار ساکارز به‌طور خطی کاهش می‌یابد. تفاوت‌های موجود بین مطالعات ممکن است به‌این علت باشد که ترکیبات کربوهیدرات‌های غیرالیافی مورد مطالعه در

آزمایشات مختلف متفاوت بوده است که می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که تأثیر نوع کربوهیدرات غیرالیافی به تنهایی ممکن است یک اثر تجمعی[1] نباشد و با نوع جیره پایه اثر متقابل داشته باشد.

فراسنجه‌های تولید گاز: نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت) و تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر) به ازای ۳۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سلولز خالص در جدول شماره دو نشان داده شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن ساکارز سبب افزایش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نرخ تولید گاز در علف خشک یونجه شد. هنگامی‌که نمونه خوراکی تفاله چغندرقند بود، نشاسته باعث کاهش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نرخ تولید گاز شد، اما افزودن ساکارز و یا ساکارز + نشاسته تأثیری بر نرخ تولید گاز این ماده خوراکی نداشتند. در ارتباط با سلولز خالص افزودن کربوهیدارت‌های غیرالیافی در مجموع موجب افزایش نرخ تولید گاز شد و اثر افزودن ساکارز + نشاسته معنی‌دار بود. هم‌چنین زمانی‌که علوفه پایه علف خشک یونجه یا تفاله چغندرقند بود افزودن ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) پتانسیل تولید گاز از بخش قابل تخمیر را افزایش داد و در این ارتباط تأثیر ساکارز قابل توجه‌تر از نشاسته بود. اما هنگامی‌که سلولز خالص به‌عنوان ماده خوراکی پایه استفاده شد، افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی تأثیری بر تولید گاز از بخش قابل تخمیر نداشتند. غلظت اسیدهای چرب فرار در هر لحظه از زمان نشان‌دهنده توازن بین تولید و هضم آن است و تفاوت در سرعت تولید اسیدهای چرب فرار را نمی‌توان با استفاده از غلظت آن تشخیص داد (لنگ، ۱۹۷۰). هال و ویمر (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزایش غلظت ساکارز تأثیری بر نرخ تخمیر نداشت، اما، فاز تأخیر[2] را به‌صورت خطی افزایش داد. در دسترس بودن گلوکز حاصل از هیدرولیز ساکارز در ساعت‌های اولیه تخمیر می‌تواند شروع رشد، سنتز آنزیم‌ها، یا فعالیّت آنزیم‌های سلولولایتیک را به تأخیر بیندازد. اما، آنزیم‌های سلولولایتیک باکتری‌های غیر هوازی معمولاً به ممانعت حاصل از گلوکز مقاوم هستند (لیند و همکاران، ۲۰۰۲). پیونکا و فیرکینز (۱۹۹۶) نیز گزارش کردند که محصولات حاصل از تخمیر گلوکز می‌تواند تخمیر الیاف به‌وسیله مخلوط میکروب‌های دستگاه گوارش را کاهش دهد، حتی زمانی‌که pH پایین نباشد.

تاکنون اطلاعات ناچیزی در خصوص تأثیر انواع مختلف کربوهیدرات‌های دارای سرعت تخمیر بالا بر مواد خوراکی متفاوت گزارش شده است. اما، نتایج این آزمایش نشان داد که به‌نظر می‌رسد در ارتباط با نرخ تخمیر علوفه‌ها اثرات متقابل قابل توجهی بین نوع کربوهیدرات غیرالیافی با علوفه پایه

1- Additive
2- Lag time

وجود دارد. با توجه به نتایج مشاهده شده در این آزمایش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی اثرات متفاوتی بر مواد خوراکی بر جای می‌گذارند. هم‌چنین اثرات متفاوت یک نوع کربوهیدرات بر انواع مختلف مواد خوراکی ممکن است نشان‌دهنده اثرات متقابل بین نوع کربوهیدرات غیرالیافی و نوع ماده خوراکی پایه باشد.

اگرچه اطلاعات محدودی در این زمینه وجود دارد، اما چنین بیان شده است که نوع کربوهیدرات غیرالیافی به‌همراه مکمل پروتئینی می‌تواند شرایط تخمیر در شکمبه را تغییر دهد، بنابراین مطالعات بیش‌تری در خصوص تأثیر انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی به‌همراه مقادیر متفاوت تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه موردنیاز است تا درک کاملی از اثرات آن‌ها بر تولید اسیدهای چرب فرار، pH شکمبه، نیتروژن آمونیاکی، متابولیت‌های خون، تولید و ترکیب شیر حاصل شود.

جدول ۱- تاثیر افزودن ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته بر تولید گاز (میلی‌لیتر) در غلاف خشک پونجه، تفاله چغندرقند یا سلولز خالص در شرایط آزمایشگاهی

زمان[1]	ماده خوراکی												سطح احتمال معنی‌دار شدن		خطای استاندارد میانگین‌ها
	غلاف خشک یونجه				تفاله چغندرقند				سلولز خالص				ماده خوراکی	غلاف[2]	
	غلاف	ساکارز[3]	نشاسته[4]	ساکارز+ نشاسته[5]	غلاف	ساکارز	نشاسته	ساکارز+ نشاسته	غلاف	ساکارز	نشاسته	ساکارز+ نشاسته			
۲	۳/۱۵	۷/۰۷	۴/۸۲	۶/۲۰	۱۴/۳۷	۲۰/۳	۱۶/۱	۱۹/۰	۳/۶۲	۴/۷۵	۷/۱۲	۷/۸۷	<۰/۰۰۱	۰/۰۶	۲/۲۶
۴	۷/۵۷	۱۱/۴	۱۱/۰	۱۲/۸	۲۶/۱۵	۳۵/۵	۲۶/۰	۳۳/۱	۶/۶۲	۱۱/۵	۸/۶۲	۱۳/۲	<۰/۰۰۱	۰/۰۴	۳/۴۰
۶	۱۴/۴	۲۴/۴	۲۰/۴	۲۲/۳	۳۵/۸	۴۸/۳	۳۸/۵	۴۵/۸	۹/۲۵	۱۴/۶	۱۲/۳	۱۸/۰	<۰/۰۰۱	۰/۰۲	۴/۰۶
۸	۲۱/۰	۳۲/۹	۲۸/۷	۳۰/۵	۴۷/۱	۶۱/۵	۵۲/۱	۵۹/۲	۱۱/۳	۱۷/۸	۱۵/۲	۲۱/۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۲	۴/۶۱
۱۲	۳۵/۰	۴۸/۹	۴۲/۹	۴۴/۷	۷۲/۶	۹۰/۲	۸۲/۲	۸۷/۷	۱۷/۵	۳۰/۳	۲۶/۰	۳۵/۳	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵/۲۳
۲۴	۵۰/۳	۶۶/۲	۵۸/۱	۶۹/۶	۹۷/۸	۱۱۸	۱۱۴/۱	۱۱۹/۷	۲۶/۸	۴۳/۶	۸۷/۸	۹۹/۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۸/۲۳
۴۸	۵۰/۳	۷۵/۰	۶۴/۶	۶۸/۲	۱۰۳	۱۲۷	۱۲۳	۱۲۹	۱۰۶	۱۴۳	۱۴۷	۱۵۷	<۰/۰۰۱	۰/۰۱	۱۱/۴
۷۲	۵۸/۳	۷۷/۷	۶۶/۶	۷۰/۶	۱۰۵	۱۳۰	۱۲۶	۱۳۱	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۴	۱۷۳	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۹/۰۷
۹۶	۵۸/۸	۷۸/۷	۶۷/۶	۷۱/۵	۱۰۵	۱۳۱	۱۲۷	۱۳۲	۱۲۹	۱۶۵	۱۶۸	۱۷۶	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷/۵۹

[1] بر حسب ساعت.

[2] غلاف گیاهان خانواده بقولات.

[3] ساکارز به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، [4] نشاسته به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، [5] ساکارز به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک و نشاسته به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک اضافه شدند.

جدول ۲- فراسنجه‌های تولید گاز علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سلولز خالص مکمل شده با کربوهیدرات‌های غیرالیافی (ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته)

ماده خوراکی	نوع کربوهیدرات غیرالیافی	پتانسیل تولید گاز از بخش قابل تخمیر	نرخ تولید گاز
علف خشک یونجه	فاقد[1]	۶۰/۱۶±۱/۴۱[a]	۰/۰۶۰±۰/۰۰۴۱[a]
	ساکارز*	۷۸/۹۵±۱/۱۹[b]	۰/۰۶۹±۰/۰۰۳۱[b]
	نشاسته**	۶۸/۰۱±۲/۵۹[c]	۰/۰۶۹±۰/۰۰۷۹[ab]
	ساکارز+نشاسته***	۷۱/۶۶±۲/۰۴[c]	۰/۰۶۹±۰/۰۰۵۹[ab]
تفاله چغندرقند	فاقد[1]	۱۰۷/۱±۶/۹۹[a]	۰/۰۸۱±۰/۰۱۵۹[ab]
	ساکارز*	۱۳۲/۰±۲/۱۳[b]	۰/۰۸۵±۰/۰۰۴۱[a]
	نشاسته**	۱۲۹/۱±۴/۱۰[b]	۰/۰۷۲±۰/۰۰۶۸[b]
	ساکارز+نشاسته***	۱۳۳/۸±۲/۹۸[b]	۰/۰۸۰±۰/۰۰۵۴[ab]
سلولز خالص	فاقد[1]	۲۰۷/۳±۱۷/۲۵	۰/۰۱۸±۰/۰۰۲۸[a]
	ساکارز*	۱۹۶/۷±۱۲/۶۴	۰/۰۲۲±۰/۰۰۳۰[ab]
	نشاسته**	۲۰۹/۸±۱۷/۹۴	۰/۰۲۰±۰/۰۰۳۴[ab]
	ساکارز+نشاسته***	۲۰۸/۵±۹/۶۵	۰/۰۲۴±۰/۰۰۲۳[b]

*ساکارز به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، **نشاسته به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، ***ساکارز به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک و نشاسته به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک اضافه شدند.

[1]فاقد کربوهیدرات‌های غیرالیافی.

[abc]در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمتشابه تفاوت معنی‌دار دارند ($P<0/05$).

هضم ماده خشک: هضم ماده خشک در علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سبوس گندم با و بدون مکمل کربوهیدراته در جدول ۳ نشان داده شده است. هضم ماده خشک مواد خوراکی در آزمایش حاضر به‌طور معنی‌داری با هم متفاوت بود ($P<0/01$). افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی هضم ماده خشک را در علف خشک یونجه به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P<0/01$)، در حالی‌که بر هضم ماده خشک سایر مواد خوراکی مورد استفاده در این آزمایش تأثیری نداشت. در ارتباط با هضم ماده خشک تمامی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه معنی‌دار بودند. به‌طور کلی افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی باعث کاهش هضم ماده خشک در علف خشک یونجه شد، و در این ارتباط ساکارز تأثیر منفی بیش‌تری از نشاسته نشان داد.

مشاهدات قبل در ارتباط با آزمایشات کشت متداوم نشان داد هنگامی‌که ساکارز جانشین نشاسته شد، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک (با میانگین ٤٦/٨ درصد) در جیره تحت تأثیر قرار نگرفت (والیمونت و همکاران، ۲۰۰٤). هم‌چنین نتایج آزمایشات درون‌تنی (نومبکلا و مورفی، ۱۹۹۵) در گاوهایی که در مرحله انتقالی بودند نشان داد که افزودن ساکارز موجب افزایش مصرف ماده خشک در ۱۲ هفته اول پس از زایمان نمی‌شود، اگرچه به‌طور موقت در دو هفته اول پس از زایمان مصرف ماده خشک در جیره حاوی ساکارز بیش‌تر بود. با این وجود گزارشاتی نیز وجود دارند که نشان می‌دهند، افزودن ساکارز به جیره سبب افزایش خوش‌خوراکی و افزایش نرخ عبور از شکمبه (خلیلی و هوهتانن، ۱۹۹۱a) و یا افزایش مصرف ماده خشک (برودریک و همکاران، ۲۰۰۰) می‌شود.

جدول ۳- تأثیر افزودن ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته بر هضم ماده خشک (گرم در کیلوگرم) در علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سبوس گندم در شرایط آزمایشگاهی کشت ثابت.

ماده خوراکی پایه	نوع کربوهیدرات غیرالیافی				سطح احتمال معنی‌دار شدن		
	فاقد[1]	ساکارز*	نشاسته**	ساکارز+نشاسته***	ماده خوراکی	کربوهیدرات‌های غیرالیافی	زمان
علف خشک یونجه	٤٦٥[a]	٤٣١[b]	٤٣٧[ab]	٤١١[b]	<۰/۰۱	۰/۱٦۹	<۰/۰۱
تفاله چغندرقند	٦۰۷	٦۱۳	٦۰٤	٦۰۰			
سبوس گندم	٦۲۰	٦۲٥	٦۱۹	٦۳۰			

*ساکارز به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، **نشاسته به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، ***ساکارز به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک و نشاسته به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک اضافه شدند.

[1]فاقد کربوهیدرات غیرالیافی.

مقدار P برای اثرات متقابل عبارتند از: P=۰/۰۳۷ برای اثر متقابل منبع ماده خوراکی × نوع کربوهیدرات غیرالیافی؛ P<۰/۰۱ برای اثر متقابل منبع ماده خوراکی × زمان انکوباسیون و اثر متقابل سه جانبه منبع ماده خوراکی × نوع کربوهیدرات غیرالیافی × زمان انکوباسیون؛ و P= ۰/۰۲٦ برای اثر متقابل نوع کربوهیدرات‌های غیرالیافی × زمان انکوباسیون.

انحراف استاندارد میانگین = ۷/۱

[abc] در هر ردیف میانگین‌های با حروف غیرمتشابه تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۱).

جدول ٤- تأثیر افزودن ساکارز، نشاسته و یا ساکارز + نشاسته بر ثابت نرخ هضم (ساعت) و بخش فاقد پتانسیل هضم (انحراف استاندارد ± میانگین) ماده خشک علف خشک یونجه، تفاله چغندرقند و سبوس گندم در شرایط آزمایشگاهی کشت ثابت.

ماده خوراکی	نوع کربوهیدرات غیرالیافی	ثابت نرخ هضم	بخش فاقد پتانسیل هضم	همبستگی
علف خشک یونجه	فاقد[1]	۰/۱۱±۰/۰۲۷	۰/۵۳±۰/۰۱۱[a]	۰/۹۸
	ساکارز*	۰/۰۸±۰/۰۱۳	۰/۵۷±۰/۰۱۱[b]	۰/۹۸
	نشاسته**	۰/۰۹±۰/۰۲٦	۰/۵۷±۰/۰۱٦[b]	۰/۹٦
	ساکارز+ نشاسته***	۰/۰۸±۰/۰۱۳	۰/۵۷±۰/۰۱۱[b]	۰/۹۸
تفاله چغندرقند	فاقد[1]	۰/۰۹±۰/۰۰۵[a]	۰/۳۷±۰/۰۰٤[a]	۰/۹۹
	ساکارز*	۰/۰۸±۰/۰۰۵[b]	۰/۳۳±۰/۰۰۸[b]	۰/۹۹
	نشاسته**	۰/۰۷±۰/۰۰٤[b]	۰/۳٤±۰/۰۰۸[b]	۰/۹۹
	ساکارز+ نشاسته***	۰/۰۷±۰/۰۰۲[b]	۰/۳۳±۰/۰۰٤[b]	۰/۹۹
سبوس گندم	فاقد[1]	۰/۱۲±۰/۰۱۰[a]	۰/۳٤±۰/۰۰۵[a]	۰/۹۹
	ساکارز*	۰/۱۵±۰/۰۱۱[b]	۰/۳۵±۰/۰۰۲[b]	۰/۹۹
	نشاسته**	۰/۱۱±۰/۰۰٦[a]	۰/۳٤±۰/۰۰۳[a]	۰/۹۹
	ساکارز+ نشاسته***	۰/۰۹۲±۰/۰۰٦[c]	۰/۳٤±۰/۰۰٦[ab]	۰/۹۹

*ساکارز به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، **نشاسته به مقدار ۷۰ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک، ***ساکارز به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک و نشاسته به مقدار ۳۵ میلی‌گرم به ازای گرم ماده خشک اضافه شدند.

[1] فاقد کربوهیدرات غیرالیافی

[abc] در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمتشابه تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

فراسنجه‌های ثابت نرخ هضم و بخش فاقد پتانسیل هضم ماده خشک: تأثیر انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی بر ثابت نرخ تجزیه و بخش فاقد پتانسیل هضم ماده خشک در مواد خوراکی مختلف در جدول ٤ نشان داده شده است. ثابت نرخ هضم ماده خشک در تفاله چغندرقند و سبوس گندم به‌طور معنی‌داری با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی تحت تأثیر قرار گرفت (P<۰/۰۵). در هر دو ماده خوراکی افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی (به‌جز زمانی‌که ساکارز به سبوس گندم اضافه شد) باعث کاهش ثابت نرخ هضم ماده خشک شد. بخش فاقد پتانسیل هضم ماده خشک در علف خشک یونجه با افزودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی به محیط کشت به‌طور معنی‌داری

افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵)، اما در تفاله چغندرقند با افزودن هر سه نوع کربوهیدرات غیرالیافی کاهش نشان داد. هنگامی‌که ساکارز به سبوس گندم اضافه شد، بخش فاقد پتانسیل هضم ماده خشک افزایش یافت (P<۰/۰۵). با توجه به این مشاهدات، به‌نظر می‌رسد که ممکن است نوع کربوهیدارت با نوع ماده خوراکی کشت داده شده اثرات متقابل داشته باشد. نتایج مطالعات گذشته نشان داده است که منابع مختلف علوفه از نظر تأثیرات منفی نشاسته بر هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی حساسیت‌های متفاوتی دارند (گرنت و مرنتنز ۱۹۹۲؛ گرنت، ۱۹۹٤). به‌عنوان مثال، گرنت و مرنتز (۱۹۹۲) مشاهده کردند که نشاسته ذرت نرخ هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی را برای علف خشک یونجه کاهش داد، اما، بر علف سوزنی برمودا اثر ناچیزی داشت. نوع علوفه جیره و طول ذرات آن نیز ممکن است بر قابلیت تجزیه‌پذیری کربوهیدرات‌های غیرالیافی مؤثر باشد، به‌دلیل این که بر ظرفیت بافری، زمان جویدن و نرخ عبور از شکمبه مؤثر است (بیچامن و همکاران، ۱۹۹۷).

نتیجه‌گیری کلی

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی و منبع علوفه بر هضم ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از مخلوط میکروارگانیسم‌های شکمبه در شرایط آزمایشگاهی کشت ثابت انجام شد. علف خشک یونجه به‌عنوان نماینده گیاهان بقولات با مقدار قابل توجه پروتئین، تفاله چغندرقند و سبوس گندم به‌عنوان مواد خوراکی که حاوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی با قابلیت هضم بالا هستند انتخاب شدند. در این آزمایش دی‌ساکارید ساکارز و پلی‌ساکارید نشاسته به‌عنوان کربوهیدرات‌های محلول در آب و ذخیره‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که نوع ماده خوراکی مورد استفاده و هم‌چنین نوع کربوهیدرات غیرالیافی مورد ارزیابی دارای اثرات متفاوت و معنی‌داری بر هضم ماده خشک هستند. به‌طورکلی، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که ثابت نرخ هضم مواد خوراکی ممکن است به‌وسیله منبع کربوهیدرات غیرالیافی مورد استفاده، تحت تأثیر قرار بگیرد. به‌علاوه، هنگامی‌که مواد غذایی مختلف با ساکارز، نشاسته و یا مخلوط آن‌ها با نسبت یک به یک مکمل شد، ثابت نرخ هضم و بخش غیر قابل هضم عکس‌العمل‌های متفاوتی داشتند. بنابراین اثرات متقابل مواد خوراکی مختلف با انواع کربوهیدرات‌های غیرالیافی در ارتباط با ثابت نرخ هضم و بخش غیرقابل هضم برای هر ماده خوراکی به تنهایی یا در یک جیره موردنیاز می‌باشد.

منابع

Ariza, P., Bach, A., Stern, M.D., and Hall, M.B. 2001. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. J. Anim. Sci. 79: 2713-2718.

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

Arthington, J.D., Kunkle, W.E., and Martin, A.M. 2002. Citrus pulp for cattle. J. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 18: 317-326.

Bach, A., Yoon, I.K., Stern, M.D., Jung, H.G., and Chester-Jones, H. 1999. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. J. Dairy. Sci. 82: 153-160.

Beauchemin, K.A., Rode, L.E., and Yang, W.Z. 1997. Effects of nonstructural carbohydrates and source of cereal grain in high concentrate diets for dairy cows. J. Dairy. Sci. 80: 1640-1650.

Blummel, M., Makkar, H.P.S., and K. Becker. 1997. *In vitro* gas production: A technique revisited. J. Anim. Physiol. 77: 24–34.

Broderick, G.A., Luchini, N.D., Smith, W.J., Reynal, S., Varga, G.A., and Ishler, V.A. 2000. Effect of replacing dietary starch with sucrose on milk production in lactating dairy cows. J. Dairy. Sci. 83 (Suppl.1): 248.

Chamberlain, D.G., Robertson, S., and Choung, J.J. 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: Effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives, in sheep. J. Sci. Food Agric. 63: 189–194.

Dehority, B.A. 1969. Pectin-fermenting bacteria isolated from the bovine rumen. J. Bacteriol. 99: 189-196.

Fondevila, M., Barrios-Urdaneta, A., Balcells, J., and Castrillo, C. 2002. Gas production from straw incubated *in vitro* with different levels of purified carbohydrates. Anim. Feed. Sci. Technol. 101: 1–15.

Grant, R.J., and Mertens, D.R. 1992. Infuence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. J. Dairy. Sci. 75: 2762-2768.

Grant, R.J. 1994. Influence of corn and sorghum starch on the *in vitro* kinetics of forage fiber digestion. J. Dairy. Sci. 77: 1563–1569.

Grasser, L.A., Fadel, J.G., Garnett, I., and DePeters, E.J. 1995. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. J. Dairy. Sci. 78: 962-971.

Hall, M.B. 1998. Making nutritional sense of non-NDF carbohydrates. Pages A1-A15 in Proc. 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville, FL.USA.

Hall M.B., and Weimer, P.J. 2007. Sucrose concentration alters fermentation kinetics, products, and carbon fates during *in vitro* fermentation with mixed ruminal microbes. J. Anim. Sci. 85: 1467-78.

Heldt, J.S., Cochran, R.C., Stokka, G.L., Farmer, C.G., Mathis, C.P., Titgemeyer, E.C. and Nagaraja, T.G. 1999. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality forage use by beef steers. J. Anim. Sci. 77: 2793-2802.

Hristov, A.N., Ropp, J.K., Grandeen, K.L., Abedi, S., Etter, R.P., Melgar, A., and Foley, A.E. 2005. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. J. Anim. Sci. 83: 408–421.

Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: Basics to the bunk. J. Anim. Sci. 75: 852-867.

Huhtanen, P., and Khalili, H. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. 3. Rumen pool size and disappearance kinetics. Anim. Feed. Sci. Technol. 33: 275–287.

Huhtanen, P., Seppala, A., Ots, M., Ahvenjarvi, S., and Rinne, M. 2008. *In vitro* gas production profiles to estimate extent and effective first-order rate of neutral detergent fiber digestion in the rumen. J. Anim. Sci. 86: 651–659.

Khalili, H., and Huhtanen, P. 1991a. Sucrose supplements in cattle given grass silage based diets. 1. Digestion of organic matter and nitrogen. Anim. Feed. Sci. Technol. 33: 247-261.

Khalili, H., and Huhtanen, P. 1991b. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. Anim. Feed. Sci. Technol. 33: 263–273.

Lee, M.R.F., Merry, R.J., Davies, D.R., Moorby, J.M., Humphreys, M.O., Theodorou, M.K., MacRae, J.C., and Scollan, N.D. 2003. Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on *in vitro* rumen fermentation. Anim. Feed. Sci. Technol. 104: 59–70.

Leiva, E., Hall, M.B., and Van Horn, H.H. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. J. Dairy. Sci. 83: 2866-2875.

Leng, R.A. 1970. Formation and production of volatile fatty acids in the rumen. Pages 406–421 in Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. A. T. Phillipson, ed. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, UK.

Lykos, T., Varga, G.A., and Casper, D. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. J. Dairy. Sci. 80: 3341-3355.

Lynd, L.R., Weimer, P.J., van Zyl, W.H., and Pretorius, I.S. 2002. Microbial cellulose utilization: Fundamentals and biotechnology. J. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 66: 506–577.

Mansfield, H.R., Stern, M.D., and Otterby, D.E. 1994. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and *in vitro* fermentation by rumen microorganisms. J. Dairy. Sci. 77: 205-216.

Menke. K.H., Rabb, L., Saleweski, A., Steingass, H., Fritz, D., and W., Schinder. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. 93: 217-222

Nombekela, S.W., and Murphy, M.R. 1995. Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. J. Dairy. Sci. 78: 880–885.

Orskov, E.R., and McDonald, Y. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. 92: 499-503.

Piwonka, E.J., and Firkins, J.L. 1996. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms *in vitro*. J. Dairy. Sci. 79: 2196–2206.

Piwonka, E.J., Firkins, J.L., and Hull, B.L. 1994. Digestion in the rumen and total tract of forage-based diets with starch of dextrose supplements fed to Holstein heifers. J. Dairy. Sci. 77: 1570-1579.

Royes, J.B., Brown, W.F., Martin, F.G., and Bates, D.B. 2001. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay. J. Anim. Sci. 79: 1313-1321.

Sannes, R.A., Messman, M.A., and Vagnoni, D.B. 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. J. Dairy. Sci. 85: 900–908.

SAS, 2003. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC.

Vallimont, J.E., Bargo, F., Cassidy, T.W., Luchini, N.D., Broderick, G.A., and Varga, G.A. 2004. Effects of replacing dietary starch with sucrose on ruminal fermentation and nitrogen metabolism in continuous culture. J. Dairy. Sci. 87: 4221–4229.

J. of Ruminant Research, Vol. 2(1), 2014
http://ejrr.gau.ac.ir

The effect of sucrose or starch on fermentation characteristics of some feedstuffs by gas production and *in vitro* culture

***F. Rezaei[1] and M. Danesh Mesgaran[2]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Animal Science, Payem-e-noor University, [2]Professor, Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Received: 06/26/2013 ; Accepted: 11/09/2013

Abstract

In this experiment the effect of adding different kinds of non-fiber carbohydrates (sucrose, starch, or equal mixture of them) on the amount of produced gas and fermentation characteristics of some feedstuffs were studied. Gas production was recorded for non-supplemented and supplemented (70 mg/g DM) pure cellulose, alfalfa hay and sugar beet pulp. The feedstuffs that were used in *in vitro* experiment includes: alfalfa hay, wheat bran and unmolassed sugar beet pulp. Non-supplemented or NFC supplemented (70 mg/g DM) samples incubated for 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 and 96 h at 39°C. The results of gas production study showed that (except for 2 h), supplementation of all kinds of non-fiber carbohydrates increased the amount of produced gas significantly ($P<0.05$). Sucrose supplementation increased the gas production rate of alfalfa hay significantly ($P<0.05$). In the case of sugar beet pulp, the adding of starch decreased the gas production rate significantly ($P<0.05$). Also, when the alfalfa hay or sugar beet pulp were used as a basal forage, adding of sucrose, starch or sucrose+ starch increased gas production from fermentable fraction significantly ($P<0.05$). The source of NFC used in the medium containing alfalfa hay caused a significant decrease in DM disappearance ($P<0.01$). Fractional rate constant of dry matter disappearance of unmolassed sugar beet pulp and wheat bran was significantly decreased by supplemental non-fiber carbohydrate, except when sucrose was added to wheat bran ($P<0.01$). The indigestible fraction of dry matter of alfalfa hay was significantly increased when it was supplemented with non-fiber carbohydrate ($P<0.05$).

***Keywords*:** Cellulose, Alfalfa, Sugar beet pulp, Sucrose, Starch

*Corresponding author: frezaii@pnu.ac.ir