بررسی ظرفیت بافری برخی افزودنی‌های بافری و بافر بهینه شده و تاثیر آن بر فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های با سطوح مختلف کنسانتره

وحید شاه‌صنم[۱]، سعید سبحانی راد*[۱]، کامران رضایزدی[۲]،پرهام مصلحی‌فر[۳]

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۰/۱۲
تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۰۵/۰۳

چکیده

در این پژوهش الگوی مقاومت بافری افزودنی‌های بافری بیکربنات سدیم، سسکویی کربنات سدیم، اکسید منیزیم، کربنات منیزیم، بنتونیت سدیم و زئولیت از طریق رسم منحنی تیتراسیون و شیب خط منحنی‌ها مورد مقایسه آماری قرار گرفتند. بر اساس نتایج تیتراسیون، مواد اولیه و درصد استفاده از هرکدام از آنها در بافر چندجزئی بهینه شده مشخص و پس از ترکیب، شیب خط منحنی بافر تولید شده نیز با سایر شیب خط‌ها مقایسه گردید. تفاوت معنی‌داری در شیب خط بافر بهینه شده با جوش‌شیرین مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). جهت اطمینان از عملکرد مطلوب بافر تولید شده در شرایط شکمبه، جیره‌های آزمایشی جیره کم‌کنسانتره فاقد افزودنی بافری (CF)، جیره پرکنسانتره فاقد افزودنی بافری (CC)، جیره کم‌کنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم (NF)، جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم (NC)، جیره کم‌کنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده (BF) و جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده(BC)، تحت آزمون تولید گاز در ساعات ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲ ٢٤، ٤٨، ۷۲ و ۹٦ پس از انکوباسیون در مایع شکمبه، قرار گرفتند. نتایج نشان داد استفاده از افزودنی‌های بافری دارای اثرات مثبتی بر حفظ تعادل اسید- باز در شکمبه و در نتیجه بهبود اکولوژی میکروارگانیسم‌های ساکن آن شد که این امر با افزایش معنی دار تولید گاز همراه بود ($p<۰/۰۵$). همچنین استفاده از مکمل‌های بافری منجر به بهبود فرآیند تخمیر و افزایش معنی‌دار قابلیت هضم مواد آلی و انرژی‌زایی خوراک شدند ($p<۰/۰۵$). علاوه بر این بافر بهینه شده پاژبافر عملکردی مشابه با بیکربنات سدیم داشته و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای جوش‌شیرین مورد استفاده دامداری‌ها قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: آزمون تولید گاز، اسیدوز، بافر، بیکربنات سدیم، تیتراسیون

---

۱ -گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۲-**استاد** گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳-**دانش آموخته کارشناسی ارشد** گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*عهده‌دار مکاتبات:sobhanirad@gmail.com

مقدمه

با وجود این که در بسیاری از نقاط جهان از روند صعودی افزایش جمعیت کاسته شده است، ثابت بودن منابع غذایی، تغییرات آب و هوایی، تغییر شرایط اجتماعی و اقتصادی جوامع و تغییر افکار مردم در کشورهای توسعه یافته به تغییر زندگی از کمیت‌گرایی به سمت کیفیت‌گرایی منجر شده است تا امروزه امنیت غذایی به عنوان شاخصی برای سنجش میزان توسعه یافتگی و پیشرفت اقتصادی کشورها مطرح شود (عبادی، ۱۳۸۳). بر اساس گزارش سازمان ملل امنیت غذایی، دسترسی همه افزاد جامعه در تمام ادوار عمر به غذای سالم تعریف شده و بر اساس دسترسی روزانه هر فرد به انرژی و پروتئین سنجیده می‌شود.

تامین کافی پروتئین و انرژی سالم، اهمیت تولید منابع غذایی با منشاء حیوانی را بیش از پیش مهم ساخته است. بی شک این مهم بدون سوق پیدا کردن صنعت دامپروری از شکل سنتی خود به شکل متراکم صنعتی و با بازدهی حداکثری امکان‌پذیر نخواهد بود. تغییر جیره برای جبران افزایش نیاز ناشی از افزایش سطح تولید، منجر به تغییرات اساسی در اکوسیستم و اسیدیته شکمبه خواهد شد. تغذیه سطوح بالای غلات به هدف تامین انرژی بیشتر، استفاده از علوفه‌های سیلویی خرد شده به جای علوفه‌های بلند، آسیاب یا ریز کردن زیاد خوراک و پلت کردن، استفاده از منابع خوراکی اسیدی تر مانند ذرت سیلویی پر رطوبت، نسبت بالای کنسانتره به علوفه و تغییر ناگهانی جیره از جمله موارد رایجی هستند که از طریق کاهش تحریک برای ترشح بزاق و افزایش شدید و ناگهانی دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد مغذی، منجر به شدت گرفتن سرعت تجزیه و تخمیر و متعاقب آن کاهش pH شکمبه می‌گردند (Owens و همکاران، ۱۹۹۸).

گزارش شده است هنگامی که کربو هیدرات قابل تخمیر به صورت ناگهانی و بدون عادت پذیری و سازگاری قبلی تغذیه شوند pH شکمبه از ٦/٨ به ۵/۵ یا پایین‌تر کاهش می‌یابد (Franzolin و Dehority ، ١٩٩٦). مقدار اسیدیته ۵/۵ نقطه بحرانی برای شکمبه بوده و منجر به افزایش خطر اسیدوزیس لاکتیکی به عنوان یک اختلال شکمبه ای می‌گردد (Owens و همکاران، ۱۹۹۸). محققان علت این افت pH در شکمبه را تغییر در میزان و نسبت اسیدهای چرب تولید شده در شکمبه می‌دانند (Krause و Oetzel ، ٢٠٠٦).

کاهش pH منجر به برهم خوردن تعادل در جمعیت‌های میکروبی ساکن شکمبه به نفع باکتری‌های تجزیه کننده نشاسته شده و شرایط را برای حیات و تکثیر باکتری‌های تجزیه کننده فیبر دشوار می‌سازد. این اتفاق با تاثیر منفی بر خوراک مصرفی، قابلیت هضم فیبر، تولید پروتئین میکروبی، نرخ عبور مواد غذایی از دستگاه گوارش و در نتیجه کاهش عملکرد و بازدهی خوراک همراه خواهد بود (Song و همکاران، ۲۰۰۷). لذا متخصصین تغذیه همواره به دنبال راهکاری برای حفظ شرایط طبیعی شکمبه همزمان با تامین کافی مواد مغذی از طریق افزایش مصرف کنسانتره هستند.

در گذشته روش‌های مدیریت تغذیه همچون افزایش تعداد دفعات خوراک‌دهی، استفاده از خوراک‌های کاملا مخلوط شده (TMR)[11] و الگوهای عادت‌دهی حیوانات به جیره‌های پرکنسانتره مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با این حال اجرای روش‌های ذکر شده به تنهایی تضمین کننده ثبات شرایط شکمبه نخواهند بود. از همین رو در سال‌های اخیر استفاده از افزودنی‌های خوراکی تحت عنوان "بافر" رواج بسیار یافته است. از دیدگاه شیمیایی می‌توان گفت یک بافر از یک اسید ضعیف و نمک آن تشکیل شده است و می‌تواند در مقابل تغییرات یون هیدروژن از خود مقاومت نشان دهد. نام، فرمول شیمیایی و طبقه‌بندی برخی از رایج‌ترین افزودنی‌های بافری در تغذیه دام در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- افزودنی‌های بافری رایج در تغذیه حیوانات *

نام افزودنی	فرمول شیمیایی	دسته‌بندی
بنتونیت سدیم	$(Na)(Al, Mg)_6 (Si4O10)_3 (OH6)\text{-}nH_{20}$	بافر حقیقی
بی‌کربنات سدیم	$NaHCO_3$	
کربنات کلسیم	$CaCO_3$	
بی‌کربنات پتاسیم	$KHCO_3$	
زئولیت	$Na_4\ K_4((Al_8\ Sio_{4.}\ O_{96})24H_2O)$	
کربنات سدیم	$NaCO_3$	آلکالایزر
کربنات پتاسیم	KCO_3	
کربنات منیزیم	$MgCO_3$	
اکسید منیزیم	MgO	
سسکویی کربنات سدیم	$NaCO_3\text{-}NaHCO_3\text{-}2H_2O$	بافر و آلکالایزر

* منبع: اردمن (۱۹۸۸)

با توجه به افزایش قابل توجه قیمت افزودنی‌های بافری از جمله جوش شیرین در سال‌های اخیر، تحقیق حاضر با هدف تولید یک بافر چندجزئی بهینه شده و بررسی ظرفیت بافری و تاثیر آن برفراسنجه‌های تولید گاز درمقایسه با برخی افزودنی‌های بافری رایج در صنعت تغذیه دام کشور اجرا گردیده است.

[1] -Total Mixed Ration

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و آزمایشگاه تغذیه موسسه تحقیقات علوم دامی کشور صورت پذیرفت .

تولید بافر چندجزئی بهینه شده

برای این منظور ظرفیت بافری و الگوی مقاومت نسبت به تغییرات pH ۲۸ منبع تجاری و صنعتی دارای خاصیت بافری رایج در ایران شامل ٤ نمونه جوش شیرین، ۱ نمونه سسکویی‌کربنات سدیم، ۳ نمونه کربنات کلسیم، ۵ نمونه صدف معدنی، ۵ نمونه بنتونیت، ۷ نمونه اکسید منیزیم، ۱ نمونه زئولیت و ۲ نمونه کربنات منیزیم براساس روش بهینه شده توسط Wohlt و همکاران (۱۹۸۷) مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس نتایج حاصل بیش از ٦ نسبت مختلف به صورت پیش‌فرض به عنوان ترکیب مواد اولیه بافر چندجزئی بهینه شده در نظر گرفته شد.

بر اساس این روش ۰/۵ گرم از هر نمونه در۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و ۳ دقیقه پس از اختلاط pH اولیه محلول ثبت گردید. پس از آن با هربار افزودن ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۱ نرمال pH ثبت شد. این روند تا زمانی ادامه یافت که مقاومت بافر شکسته یا pH محلول به زیر ۵/۲ یعنی نقطه بحرانی برای اسیدوز حاد برسد. جهت تعیین بهترین ترکیب، ظرفیت بافری ترکیبات پیش‌فرض اندازه‌گیری شده و با یکدیگر و جوش شیرین مورد مقایسه قرار گرفت.

برای مقایسه داده‌های بدست آمده، منحنی تیتراسیون هر تکرار از هر ماده بافری رسم و معادله خط هر تکرار تعیین گردید.. سپس شیب خط‌های حاصل توسط نرم افزار SAS نسخه ۹ با رویه GLM مورد بررسی آماری قرار گرفت.

آزمون تولید گاز

جهت اطمینان از تاثیرگذاری بافر بهینه شده بر فرآیند تخمیر در نسبت‌های مختلف کنسانتره به علوفه، به عنوان انعکاسی از pH شکمبه و شرایط مطلوب میکروارگانسیم‌های شکمبه، جیره‌های آزمایشی ۱) جیره کم‌کنسانتره فاقد افزودنی بافری (CF)، ۲) جیره پرکنسانتره فاقد افزودنی بافری (CC)، ۳) جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم (NF)، ٤) جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم (NC)، ۵) جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده (BF) و ٦) جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده(BC) تحت آزمون تولید گاز قرار گرفتند. نسبت کنسانتره : علوفه در جیره کم کنسانتره و پرکنسانتره به ترتیب ٤۰ : ٦۰ و ٦۰ : ٤۰ در نظر گرفته شد. ترکیب مواد خوراکی بخش کنسانتره و علوفه خوراک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مواد تشکیل دهنده بخش کنسانتره و بخش علوفه جیره کاملا مخلوط برای آزمون تولید گاز

ترکیب کنسانتره (بر اساس ۱۰۰ ماده خشک)	
مواد خوراکی اولیه	درصد
دانه جو	٤٠
دانه ذرت	٢٠
سبوس گندم	٢٠
کنجاله سویا	١٥
کربنات کلسیم	٢
نمک	١
مکمل ویتامینه- معدنی	٢
ترکیب بخش علوفه (بر اساس ۱۰۰ درصد ماده خشک)	
مواد خوراکی اولیه	درصد
ذرت سیلو شده	٥٠
یونجه	٢٥
کاه گندم	٢٥

کلیه مراحل آزمون تولید گاز بر اساس روش توصیه شده توسط Menke و Steingass (۱۹۸۸) در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور صورت پذیرفت. همچنین ضرایب تولید گاز با نرم افزار NAWAY براساس معادله $p= b (1-e^{-ct})$ (Blummel و Orskov،۱۹۹۳) محاسبه شد. در این معادله p حجم تولید گاز در زمان t، b گاز تولید شده از بخش نامحلول، c نرخ تولید گاز و t زمان انکوباسیون می‌باشد.

همچنین انرژی قابل سوخت و ساز، اسیدهای چرب فرار و قابلیت هضم مواد آلی از روی گاز تولیدی مطابق منابع زیر برآورد و مورد مقایسه آماری قرار گرفتند:

- ME = 0.157 Gas + 0.0084 CP + 0.022 EE – 0.0081 CA + 1.06
(Menke and Steingass, 1988)
- SCFA = 0.0222 Gas – 0.00425
(Makkar, 2005)
- OMD = 0.9991 Gas + 0.0595 CP + 0.0181 CA + 9
(Menke and Steingass, 1988)

در معادلات فوق عوامل وابسته انرژی قابل سوخت و ساز (ME^2)، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ($SCFA^3$)، قابلیت هضم مواد آلی (OM^4)؛ و عوامل مستقل پروتئین خام (CP^5)، عصاره اتری (EE^6)، خاکستر (CA^7) و گاز تولیدی (GAS) می‌باشند.

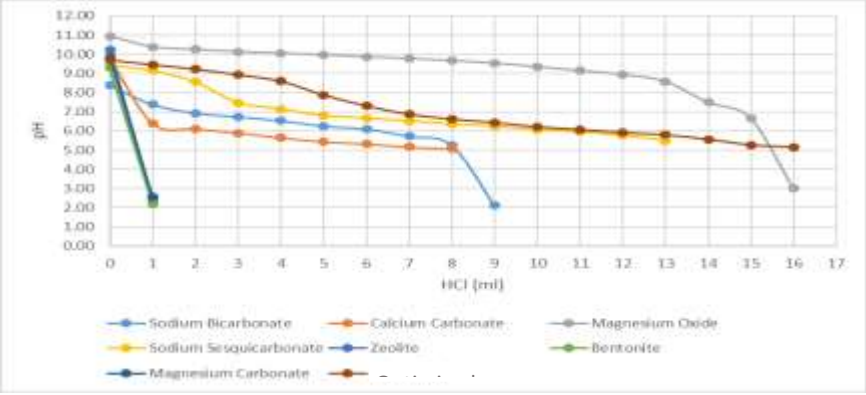
داده‌های حاصل از تولید گاز توسط نرم افزار SAS نسخه ۹ مورد مقایسه آماری قرار گرفته و اثر عوامل اصلی (افزودنی بافری و نسبت‌های مختلف کنسانتره به علوفه) و همچنین اثر متقابل این دو عامل مورد مقایسه آماری قرار

گرفت. همچنین ضرایب تولید گاز و مقادیر برآورد شده با معادلات بالا توسط نرم افزار SAS نسخه ۹ با استفاده از آزمون t در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه ظرفیت بافری

منحنی تیتراسیون افزودنی‌های بافری رایج در تغذیه نشخوارکنندگان در شکل ۱ نشان داده است.



شکل ۱- منحنی تیتراسیون بافر بهینه شده‌ی و برخی افزودنی‌های بافری رایج در تغذیه دام

معادله خط برای هر تکرار از هر نمونه تشکیل شده و شیب خط منحنی‌ها در جدول ۳ مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

جدول ۳- شیب خط منحنی تیتراسیون برخی افزودنی‌های بافری رایج در تغذیه دام و مقایسه آن‌ها با بافر بهینه شده

نام افزودنی بافری	شیب خط منحنی تیتراسیون
بی‌کربنات سدیم	۰/٤۱۳ e
کربنات کلسیم	۰/۸۸٦ d
اکسید منیزیم	۰/۲۰۳ f
سسکویی کربنات سدیم	۰/۳۵۳ ef
زئولیت	۷/۸۱۳ a
بنتونیت	۷/۰۷۷ c
کربنات منیزیم	۷/۳۱۳ b
بافر بهینه شده	۰/۳۲۳ ef
SE	۰/۰٦۸
p-value	۰/۰۰۰۱

وجود حروف لاتین متفاوت در یک ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$).

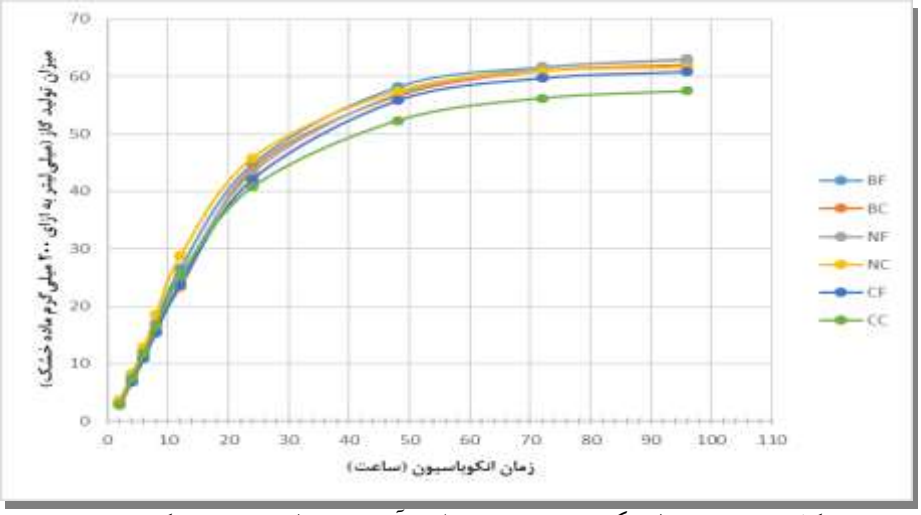
بیشترین شیب خط مربوط به زئولیت (۷/۸۱۳) و کمترین شیب خط مربوط به اکسید منیزیم (۰/۲۰۳) می‌باشد. با توجه به این امر که مقدار pH اولیه هر محلول به عنوان عرض از مبداء خط تعریف شده است، و همچنین وابسته بودن میزان pH به مقدار اسید افزوده شده، می‌توان گفت شیب خط نشان دهنده تغییر در واحد pH به ازای هر میلی‌لیتر افزودن اسید کلریدریک است. بنابراین کوچک‌تر بودن عدد شیب خط انعکاسی از مقاومت بیشتر افزودنی بافری نسبت به تغییر pH به ازای هر میلی‌لیتر افزودن اسید خواهد بود (Wohlt و همکاران، ۱۹۸۷).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد اکسید منیزیم به طور معنی‌داری بیشتر از سایر افزودنی‌های بافری مورد بررسی در برابر تغییرات pH محیط، مقاومت نشان داد ($p<۰/۰۵$). پس از اکسید منیزیم جوش‌شیرین دارای بیشترین مقاومت در برابر تغییرات pH بوده اما تفاوت معنی‌داری بین شیب خط منحنی جوش‌شیرین با سسکویی کربنات سدیم وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). همچنین کربنات کلسیم به طور معنی‌داری کمتر از جوش‌شیرین و سسکویی کربنات سدیم و بیشتر از زئولیت، بنتونیت و کربنات منیزیم مقاومت نشان داد ($p<۰/۰۵$). این در حالی است که موادی همچون زئولیت، بنتونیت و کربنات منیزیم در pH مطلوب برای شکمبه خاصیت بافری مناسبی نداشته و به طور معنی‌داری مقاومت بافری آن‌ها از سایر بافرها کمتر بود ($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج سایر محققین همخوانی داشت (Bezeau و همکاران، ۱۹۶۱؛ Crawford، ۱۹۸۳).

مقایسه منحنی تیتراسیون بافر بهینه شده بر اساس تفسیر نتایج فوق با جوش‌شیرین به عنوان افزودنی بافری رایج در تغذیه دام تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همچنین تفاوت بین شیب خط منحنی‌های تیتراسیون اکسید منیزیم و سسکویی کربنات سدیم با بافر بهینه شده معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). براساس نتایج فوق، بافر بهینه تولید شده از نظر تیتراسیون با اسید و سنجش آزمایشگاهی ظرفیت بافری با جوش شیرین و سایر افزودنی‌های بافری قابل رقابت بود.

سنجش میزان تولید گاز

روند تولید گاز جیره‌های مختلف آزمایشی طی ساعات مختلف انکوباسیون در **شکل ۲** نشان داده شده است. الگوی تولید گاز مشاهده شده در مطالعه حاضر با الگوی سه مرحله‌ای گزارش شده در سایر تحقیقات مشابه مطابقت داشت (سیف دواتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Maheri و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۲- روند تولید گاز جیره‌های مختلف آزمایشی طی ساعات انکوباسیون

در آزمایش حاضر، در ابتدای مراحل انکوباسیون منابع سریع‌التخمیر در دسترس جمعیت میکروبی قرار گرفته و تولید گاز با شیب نسبتا زیادی صورت می‌پذیرد. با گذشت زمان بخش دارای قابلیت هضم متوسط بتدریج تخمیر شده و در نهایت با کاهش منابع دردسترس برای تخمیر میزان گاز تجمع یافته به میزان ثابتی خواهد رسید. می‌توان علت مقدار اندک گاز تولید شده در ساعات پایانی انکوباسیون را استفاده از جمعیت میکروبی مرده به عنوان سوبسترا دانست (سیف دواتی و همکاران، ۱۳۹٦). مقایسه آماری میزان اثر بافر، جیره و اثر متقابل این دو عامل در جدول ٤ نشان داده است.

جدول ٤- بررسی فراسنجه تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون (ml/200 mgDM)

اثر بافر			SEM	p value
شاهد	بی‌کربنات سدیم	بافر بهینه شده		
۳۰/۵۰^{b}	۳۲/٤٦^{a}	۳۲/۵۰^{a}	۰/۱۵	<۰/۰۰۰۱
اثر جیره			SEM	p value
جیره پرکنسانتره		جیره کم‌کنسانتره		
۳۱/۸۳		۳۱/۸۲	۰/۱۲	۰/۹٦
اثر متقابل بافر در جیره*				
CF	CC	NF	NC	BF	BC	SEM	p value
۳۰/۹۲^{d}	۳۰/۰۸^{e}	۳۱/۸٤^{bc}	۳۳/۰۹^{a}	۳۲/۷۲^{ab}	۳۲/۲۹^{b}	۰/۲۱	<۰/۰۰۰۱

*CF: جیره کم‌کنسانتره فاقد افزودنی بافری، CC: جیره پرکنسانتره فاقد افزودنی بافری، NF: جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم، NC: جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم، BF: جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده و BC: جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده

وجود حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$).

براساس نتایج به دست آمده تغییر نسبت کنسانتره به علوفه و افزایش سهم کنسانتره از ٤٠ درصد به ٦٠ درصد جیره کاملا مخلوط[7] تاثیر معنی‌داری بر میزان تولید گاز نداشت ($p<۰/۰۵$) که این نتایج با نتایج سایر تحقیقات صورت گرفته در شرایط برون تنی مطابقت داشت (فاتحی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سیف دواتی و همکاران، ١٣٩٦، طهماسبی و همکاران، ١٣٩٤). با این حال در برخی موارد افزایش میزان کنسانتره تا ۷۰ درصد منجر به افزایش میزان تولید گاز گردید (جعفری خورشیدی و همکاران، ١٣٨٤).

به طور کلی هنگامی که یک ماده خوراکی با مایع شکمبه دارای بافر در شرایط آزمایشگاهی انکوباسیون می‌شود، کربوهیدرات‌های آن به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گاز (عمدتا دی اکسید کربن و متان) تخمیر می‌گردند. تولید گاز حاصل از پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها نسبتا اندک است. همچنین سهم چربی در تولید گاز قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد(سیف دواتی و همکاران، ١٣٩٦). بنابراین مقدار گاز تولید شده می‌تواند بیانگر گوارش‌پذیری مواد خوراکی مورد استفاده، بخصوص پروتئین، باشد (Menke و Steingass ، ۱۹۸۸). همچنین بر اساس مطالعات انجام شده ۵۰ درصد از کل گاز تولیدی، دی‌اکسید کربن و متان ناشی از تخمیر مستقیم است و مابقی آن ناشی از آزاد شدن گاز دی اکسید کربن از بافرها است (Makkar ، ۲۰۰۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تیمارهای بیکربنات سدیم و بافر بهینه شده در هر دو جیره کم کنسانتره و پرکنسانتره منجر به افزایش معنی‌دار تولید گاز نسبت به گروه شاهد شدند ($p<۰/۰۵$)، با این حال تفاوتی بین این دو تیمار مشاهده نشد. می‌توان نتیجه گرفت بافر بهینه شده می‌تواند همچون بیکربنات سدیم بر حفظ شرایط مطلوب و تعادل اسید- باز در شکمبه موثر باشد.

نتایج آزمایش حاضر با نتایج گزارش شده توسط Le Ruyet و Tucker (۱۹۹۲)، که اثر افزودن بیکربنات سدیم بر ظرفیت بافری و pH مایع شکمبه گاوهای تغذیه شده با کنسانتره بالا را در شرایط آزمایشگاهی بررسی نموده مطابقت دارد. این محققان گزارش کردند که تیمار بیکربنات سدیم بیشترین میزان ظرفیت بافری را دارد. این محققان نتیجه-گیری کردند که بیکربنات سدیم به سرعت مایع شکمبه را بافری کرده و می‌تواند در جلوگیری از افزایش H^+ در مایع شکمبه پس از مصرف خوراک سودمند باشد (Le Ruyet و Tucker ، ۱۹۹۲). لازم به ذکر است بیکربنات سدیم قادر است یون هیدروژن در دسترس را محدود کند و یک نقطه تعادل از pKa نزدیک به pH مطلوب (٦/٢ تا ٦/٨) در شکمبه داشته باشد (Herod و همکاران، ۱۹۷۸).

بر اساس آزمایش Herod و همکاران (۱۹۷۸) افزودن ۳۵ کانی دارای تاثیر بالقوه بافری به مایع شکمبه گاوهای تغذیه شده با مقدار زیاد کنسانتره منجر به مقاومت در برابر تغییرات pH گردید که این نتایج با نتایج حاصل از این تحقیق نیز مطابقت دارد. همچنین این گروه اعلام کردند ترکیب صحیح کربنات‌ها و بیکربنات‌ها دارای ظرفیت بافری مناسبی بوده و بافرهای حاوی سدیم را بهترین نوع بافرها دانستند (هرود و همکاران، ۱۹۷۸). همچنین Boroujeni Jafarpour (۲۰۱۵) نشان داد ترکیب افزودنی‌های بافری همچون بیکربنات سدیم، کربنات سدیم، اکسید منیزیم دارای ظرفیت بافری مناسبی بوده و می‌تواند به خوبی تغییرات pH را کنترل نماید که نتیجه آن بهبود معنی‌دار روند تخمیر در شکمبه خواهد بود ($p>۰/۰۵$).

مقایسه کنتیک تولید گاز، انرژی قابل سوخت و ساز، اسیدهای چرب فرار و قابلیت هضم مواد آلی

گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)، میانگین گاز تولید شده در ساعت ۲٤ انکوباسیون (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) و همچنین میانگین انرژی قابل سوخت و ساز (MJ/kg DM)، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) و قابلیت هضم مواد آلی (درصد) برآورد شده از مقدار گاز تولیدی بین جیره‌های مختلف آزمایشی در **جدول ۵** مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول۵- تاثیر افزودن بافر بهینه شده بر کنتیک تولید گاز، انرژی قابل سوخت و ساز، اسیدهای چرب فرار و قابلیت هضم مواد آلی خوراک

عناوین	جیره‌های آزمایشی*						SEM	p value
	CF	CC	NF	NC	BF	BC		
تولید گاز از بخش قابل تخمیر (ml/200 mg DM)	٦٦/٨٩	٦٥/٢٥	٦٨/٢٨	٦٧/٠٦	٦٨/٣٢	٦٦/٤٦	۰/۷٥٤	۰/۱٥۳
نرخ تولید گاز (ml/h)	۰/۰٤٨ ^{b}	۰/۰٤۹ ^{b}	۰/۰٤۷ ^{b}	۰/۰٥۷ ^{a}	۰/۰٥۱ ^{ab}	۰/۰٥۲ ^{ab}	۰/۰۰۱	۰/۰۰٥
میانگین گاز تولید شده در ساعت۲٤ (ml/200 mg DM)	٤۲/۱۲ ^{bc}	٤۰/۷۹ ^{c}	٤۳/۲۸ ^{abc}	٤٥/۸٤ ^{a}	٤٤/۷۷ ^{ab}	٤٤/۳۰ ^{ab}	۰/٥۷٦	۰/۰۰۱
انرژی قابل سوخت و ساز (MJ/ kg DM)	۷/۷٤ ^{bc}	۷/٥٥ ^{c}	۷/۹۳ ^{abc}	۸/۳٤ ^{a}	۸/۱٦ ^{ab}	۸/۰٦ ^{ab}	۰/۰۹۰	۰/۰۰۱
قابلیت هضم مود آلی (٪)	٥۱/۹۲ ^{bc}	٥۰/٦٦ ^{c}	٥۳/۰۸ ^{abc}	٥٥/۷۲ ^{a}	٥٤/٥۷ ^{ab}	٥۳/۹۱ ^{ab}	۰/٥۷٦	۰/۰۰۱
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (mmol)	۰/۹۳۰ ^{bc}	۰/۹۰۱ ^{c}	۰/۹٥٦ ^{abc}	۱/۰۱۳ ^{a}	۰/۹۸۹ ^{ab}	۰/۹۷۳ ^{ab}	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱

*جیره‌های آزمایشی شامل CF: جیره کم‌کنسانتره فاقد افزودنی بافری، CC: جیره پرکنسانتره فاقد افزودنی بافری، NF: جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم، NC: جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بیکربنات سدیم، BF: جیره کم کنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده و BC: جیره پرکنسانتره+ ۱ درصد بافر بهینه شده

وجود حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (p<۰/۰٥).

بر اساس نتایج حاصل گاز تولید شده از بخش قابل تجزیه تفاوت معنی‌داری بین جیره‌های مختلف آزمایشی وجود نداشت. این در حالی است که نرخ تولید گاز در گروه دریافت کننده بافر بهینه شده در هر دو جیره حاوی مقدار بالا و مقدار پایین کنسانتره به طور معنی‌داری از گروه شاهد بیشتر بود (p<۰/۰٥).

بیشتر بودن گاز تولید شده از بخش نامحلول اما قابل تخمیر و همچنین افزایش نرخ تولید گاز منعکس کننده تاثیر مثبت استفاده از افزودنی‌های بافری در حفظ و بهبود شرایط تخمیر در شکمبه است. در آزمایش حاضر، عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین بیکربنات سدیم و بافر بهینه شده نشان می‌دهد بافر بهینه شده نیز توانسته است به خوبی با کنترل

تغییرات pH و در نتیجه حفظ شرایط مطلوب برای میکروارگانیسم‌های شکمبه منجر به تخمیر و استفاده بهینه‌تر از خوراک توسط میکروارگانیسم‌ها شود. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق مهدوی راد و همکاران (۱۳۹٦) که اعلام کردند استفاده از بافرها تغییر معنی‌داری را در نرخ تولید گاز ایجاد نمی‌نماید، در تناقض بود. علت این تناقض را می‌توان تفاوت در بافرهای مورد استفاده و همچنین جیره آزمایشی دانست.

وجود رابطه مستقیم بین میزان تولید گاز در ساعت ۲٤ انکوباسیون با میزان انرژی قابل سوخت، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و قابلیت هضم مواد آلی به وضوح به اثبات رسیده است (سیف دواتی و همکاران، ۱۳۹٦؛ Makkar ، ۲۰۰۳؛ Menke و Steingass ، ۱۹۸۸). بر اساس نتایج به دست آمده میزان ME، SCFA و OMD در گروه شاهد به صورت معنی‌داری کمتر از دو گروه آزمایشی دیگر بود (p<۰/۰۵). افزایش انرژی قابل سوخت و ساز در گروه‌های مصرف کننده جوش‌شیرین و بافر بهینه شده موکد تاثیر مثبت این افزودنی‌ها بر تخمیر بخش نامحلول اما قابل تخمیر خوراک است که ریشه در شرایط مطلوب شکمبه برای میکروارگانیسم‌های تخمیرکننده دارد (سیف دواتی و همکاران، ۱۳۹٦).

مقدار گاز تولید شده همچنین می‌تواند بیانگر گوارش‌پذیری مواد خوراکی باشد. در روش برآورد قابلیت هضم از طریق نتایج حاصل از آزمون تولید گاز ممکن است، به دلیل تخمیر ثانویه اجساد میکروارگانیسم‌ها، قابلیت هضم ظاهری بیشتر از مقدار واقعی برآورد گردد. بنابراین بهتر است برای برآوردها از زمان‌های کوتاه انکوباسیون استفاده شود که بر اساس تحقیقات ساعت ۲٤ انکوباسیون دارای کمترین خطا در این زمینه است (Menke و Steingass ، ۱۹۸۸).

اسیدهای چرب فرار تولید شده در شکمبه- نگاری چیزی حدود ۵۷ درصد انرژی قابل سوخت و ساز و یا حدود ۷۰ درصد از انرژی قابل هضم مورد نیاز نشخوارکنندگان را تامین می‌نمایند. به طور کلی تجزیه کربوهیدرات‌ها در شکمبه، منجر به تولید هگزوزهای مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها می‌شود. عمدتا پسماند حاصل از استفاده هگزوزها توسط میکروارگانیسم‌ها اسیدهای چرب فرار هستند که می‌توانند به عنوان منابع انرژی مورد استفاده حیوان میزبان قرار گیرند (Daesh Mesgaran و Vakili ، ۲۰۰۷). بنابراین افزایش معنی‌دار ایجاد شده در مقدار اسیدهای چرب فرار تولید شده در گروه‌های مصرف کننده بافر را می‌توان به بهبود وضعیت تخمیر بخش نامحلول اما قابل تخمیر خوراک در شکمبه به دلیل بهبود وضعیت اسیدیته و اکولوژی میکروارگانیسم‌های شکمبه نسبت داد (سیف دواتی و همکاران، ۱۳۹٦).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از آزمون_های تیتراسیون و سنجش تولید گاز می‌توان نتیجه گرفت استفاده از افزودنی‌های بافری دارای اثرات مثبتی بر حفظ تعادل اسید- باز در شکمبه و در نتیجه بهبود اکولوژی میکروارگانیسم‌های مقیم آن خواهد شد که این امر با افزایش معنی دار تولید گاز همراه بود (p<۰/۰۵). استفاده از مکمل‌های بافری منجر به بهبود معنی_دار فرآیند تخمیر و افزایش قابلیت هضم مواد آلی و انرژی‌زایی خوراک نیز شد (p<۰/۰۵). علاوه بر این، نتایج

نشان داد بافر بهینه شده عملکردی مشابه با بیکربنات سدیم داشته و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای جوش‌شیرین در تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

جعفری خورشیدی. کاوه. محمد. رضائیان. مجتبی. زاهدی‌فر. سید احمد. میرهادی. ۱۳۸٤. اثر حذف تک یاخته ها بر میزان سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه گوسفند و بز. دومین سمینار پژوهشی گوسفند و بز کشور.

سیف دواتی، ج.، اسلامی، ز.، عبدبنماز، ح.، میرزایی، ف. و سیدشریفی، ر. (۱۳۹٦). اجزای ترکیبات فنولی غلاف نخود سبز و اثرات آنها بر قابلیت هضم شکمبهای و تولید گاز تحت شرایط آزمایشگاهی. نشریه علوم دامی ایران. شماره۳، ص ص. ۲۹۹-۲۸٤.

طهماسبی بلداجی. زهره. طاهره. محمدآبادی. محسن. ساری. مرتضی. چاجی. ۱۳۹۵. اثر تفاله خشک سیب بر هضم پذیری، رفتار نشخوار، خصوصیات تخمیر میکروبی وبرخی متابولیتهای خون گوسفند عربی. فصلنامه تحقیقات دامپزشکی، دوره: ۷۱، شماره: ۳.

عبادی، ف. (۱۳۸۳). امنیت غذایی و توزیع درآمد، موسسه پژوهش های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی.

فاتحی، ف.، زالی، ا.، دهقان بنادکی، م. و دانش مسگران، م. (۱۳۹۵). بررسی همزمانسازی سطوح مختلف انرژی و پروتئین بر فراسنجه های تکنیک تولید گاز. جلد ۲٦، شماره ٤.

مهدوی راد، ن. (۱۳۹٦). اثر سطوح مختلف منابع بافری و قلیایی کننده ها بر هضم پذیری و خصوصیات تخمیر شکمبه گوسفندان عربی تغذیه شده با جیره های بر پایه کنسانتره. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

Bezeau, L. M., Bailey, C. B., &Slen, S. B. (1961). Silica urolithiasis in beef cattle. IV. The relationship between the pH and buffering capacity of the ash of certain feeds, pH of the urine and urolithiasis. Canadian Journal of Animal Science, 41(1): 49-54.

Blummel M., Orskov E.R. (1993): Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of rough -ages in predicting of food intake in cattle. Animal feed science and technology, 40: 109–119.

Crawford Jr., R. J., Shriver, B. J., Varga, G. A., and Hoover, W. H. (1983). Buffer requirements for maintenance of pH during fermentation of individual feeds in continuous cultures. Journal of Dairy Science, 66(9), 1881-1890.

Daesh Mesgaran, M., and Vakili, A. (2007). Digestion and Metabolism in Ruminants. Ferdowsi University of Mashhad publication. Mashhad, Iran.

Erdman R.A. (1988). Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. Journal of. Dairy Science. 71: 3246-3252.

Erdman, R.A., Hemken, R.W. and Bull, L.S. (1982). Dietary Sodium Bicarbonate and Magnesium Oxide for Early Postpartum Lactating Dairy Cows: Effects on Production, Acid-Base Metabolism and Digestion. Journal of. Dairy Science. 65:712.

Franzolin, R., and Dehority, B. A. (1996). Effect of prolonged high-concentrate feeding on ruminal protozoa concentrations. Journal of animal science, 74(11): 2803-2809.

Herod, E.L., R.M. Bechtle, E.E. Bartley, and A.D. Dayton. 1978. Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of a selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. Journal of dairy science. 61: 1114-1122.

Jafarpour Boroujeni, M., DaneshMesgaran, M., Vakili, A. R., &Naserian, A. A. (2016). In vitro ruminal acid load and methane emission responses to supplemented lactating dairy cow diets with inorganic compounds varying in buffering capacities. Iranian Journal of Applied Animal Science,6(4): 769-775.

Krause, K. M., and Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. Animal feed science and technology,126 (3-4): 215-236.

Le Ruyet, P., & Tucker, W. B. (1992). Ruminal buffers: Temporal effects on buffering capacity and pH of ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet. Journal of dairy science, 75(4): 1069-1077.

Maheri-Sis, N., Chamani, M., Ali-Asghar, S., Mirza-Aghazadeh, A., &Aghajanzadeh-Golshani, A. (2008). Nutritional evaluation of kabuli and desi type chickpeas (Cicer arietinum L.) for ruminants using in vitro gas production technique. African Journal of Biotechnology, 7(16).

Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds . Small Ruminant Research, 49: 241-256.

Menke, K.H ,and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen flui. Animal research and development. 28: 7-55.37.

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. and Gill, D.R. (1998). Acidosis in cattle: A Review. Journal of Animal Science. 76: 275-286.

Song, H., Lee, J. W., Choi, S., You, J. K., Hong, W. H., & Lee, S. Y. (2007). Effects of dissolved CO2 levels on the growth of Mannheimiasucciniciproducens and succinic acid production. Biotechnology and bioengineering, 98(6): 1296-1304.

Wohlt, J. E., Jasaitis, D. K., & Evans, J. L. (1987). Use of acid and base titrations to evaluate the buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. Journal of Dairy Science,70(7): 1465-1470.

Investigation of buffering capacity of some buffer additives and an optimized buffer and its effect on gas production parameters of diets with different concentrate levels

Shahsanam[1].V.,S.Sobhanirad[1]*.,K.R.,Yazdi[2].,and P.Moslehifar[3]

Received Date: 01/02/2022

Accepted Date: 07/26/2022

Abstract:

In this study, the buffering resistance pattern of sodium bicarbonate, sodium sesquicarbonate, magnesium oxide, magnesium carbonate, sodium bentonite, and zeolite were statistically compared by plotting the titration curve and comparing the slope of the curves. According to the results of the buffer capacity, raw materials and their percentages were determined to produce the optimized multi-component buffer. The produced buffer acid-pH curve slope was compared with other slopes. No significant difference was observed in the slope of the optimized buffer with sodium bicarbonate ($p < 0.05$). To ensure optimal buffer performance under ruminal conditions, experimental diets of low concentrate diet without buffer additive (CF), high concentrate diet without buffer additive (CC), low concentrate diet + 1% sodium bicarbonate (NF), high concentrate diet + 1% sodium bicarbonate (NC), low concentrate diet + 1% optimized buffer (BF) and high concentrate diet + 1% optimized buffer (BC), were examined with gas production test at 2, 4, 6, 8, 12 24, 48, 72 and 96 after incubation in ruminal fluid. The use of buffer additives has positive effects on maintaining acid-base balance in the rumen and thus improving the ecology of rumen microorganisms, which was accompanied by a significant increase in gas production ($p < 0.05$). The use of buffer supplements will improve the fermentation process and can significantly increase the digestibility of organic matter and feed metabolizable energy ($p < 0.05$). In addition, the results showed that the optimized buffer has a similar function to sodium bicarbonate and can be used as a suitable alternative.

Keywords: Buffer, Sodium bicarbonate, Titration, Gas production test, Acidosis

1-Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

2- Professor of Department of Animal Science,Faculty of Agriculture and natural Resources,Tehran University,Karaj,Iran.

3- M.SC.of Department of Animal Science,Faculty of Agriculture and natural Resources,Tehran University,Karaj,Iran.

*Corresponding Author: sobhanirad@gmail.com