جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم،
شماره دوم ، زمستان ۱۳۸٦ (صفحه ۲۳۹-۲۳۰)

مطالعه روند تغییرات باگاس نیشکر عمل آوری شده با بخار آب تحت فشار

کیوان کرکودی*[1] و مجتبی زاهدی‌فر[2]
۱ – استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۲– استادیار پژوهش موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج

تاریخ دریافت: ۸٦/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸٦/۹/۱۵

چکیده

در این تحقیق تاثیر عمل آوری با بخار آب تحت فشار با استفاده از روش خود هیدرولیز بر کینتیک هضم باگاس نیشکر مورد مطالعه قرار گرفت. رطوبت نمونه‌های باگاس نیشکر به ۵۰ درصدرسانده شد و سپس با بخار آب تحت سه فشار ۱٤، ۱۷ و ۲۰ اتمسفر و زمان عمل آوری ۱۲۰، ۱۸۰ و۲٤۰ ثانیه در سه تکرار عمل آوری شدند. ترکیب شیمیایی نمونه‌ها پس از محاسبه مستقیم اتلاف ماده خشک اندازه گیری شد. حجم گاز تولیدی شکمبه در ۹ زمان و تجزیه پذیری نمونه‌ها در ۸ زمان ثبت شد. داده‌های بدست آمده در قالب طرح کاملا تصادفی با روش فاکتوریل (۳×۳) با سه تکرار، تجزیه و تحلیل گردید. عمل آوری باگاس نیشکر تاثیر معنی‌داری بر ترکیب دیواره سلولی (به استثنای دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز)، خصوصیات تجزیه پذیری و تولید گاز آن داشت. حداکثر اتلاف ماده خشک ٤/۵۵ درصد بود. کمترین مقدار دیواره سلولی و همی‌سلولز ۵٦/٦۰ و ۱۱/۸۹ درصد، بیشترین مقدار قندهای محلول در آب، تجزیه پذیری ساعت ٤۸، پتانسیل تجزیه پذیری، کل حجم تولید گاز، تولید گاز در ساعت ۲٤ و نرخ تولید گاز به ترتیب ۲۹/۵۲، ٦۳/٦۳، ۷۱/۱۰ درصد، ٦۱/۸۵، ٤٤/۱۱ میلی لیتر و ٤/۸۷ میلی لیتر در ساعت بود (تیمار ۲۰ اتمسفرفشار و زمان عمل آوری ۲٤۰ ثانیه). بیشترین میزان اتلاف شستشو، تجزیه پذیری موثر ونرخ تجزیه پذیری به ترتیب ۳۰/٦۳ ، ۵۸/۱۳ درصد و ۵/۲۷ درصد در ساعت بود (تیمار ۱۷ اتمسفر فشار و زمان عمل آوری ۲٤۰ ثانیه). به طور کلی می‌توان اظهار نمود که عمل آوری در فشار ۲۰ اتمسفر، به مدت ۲٤۰ ثانیه بهترین نتیجه را در اکثر فراسنجه ها داشت.

کلمات کلیدی: **روند تغییرات هضم، باگاس نیشکر، عمل آوری با بخار، تجزیه پذیری، تولید گاز، همی‌سلولز**

* نویسنده مسئول: Email:kkarkoodi@yahoo.com

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مقدمه

نیشکر *(Saccarum officinarum)* یک محصول اقتصادی مهم در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان است که تولید آن منجر به بدست آمدن مقادیر زیادی باگاس می‌گردد. باگاس باقیمانده فیبری پس از استحصال شکر است (۸).

بیش از ٦٠ درصد ماده خشک باگاس نیشکر دارای سلولز و همی سلولز است، لیکن تجزیه پذیری شکمبه‌ای آن بسیار کم است که عمدتا به دلیل وجود لیگنین می باشد زیرا از کربوهیدرات‌های دیواره سلولی، در برابر حمله میکروب‌های شکمبه محافظت می‌کند. باگاس نیشکر دارای حدود ٥٠ درصدسلولز، ۲۷/۹درصد همی‌سلولز، ۹/۸درصد لیگنین و۱۱/۳ درصد محتویات سلولی است (٦).

یکی از روش‌های عمل آوری در بهبود ارزش غذایی مواد لیگنوسلولزی، عمل آوری با بخارآب تحت فشار است. در این روش سوبسترا در داخل یک محفظه فشار قرارگرفته و محتویات داخل محفظه که خود داخل سبدهای استیل هستند، به مدت معینی توسط بخار آب به صورت انفجاری حرارت داده می‌شوند که در اثر این عمل، نسبت زیادی از همی سلولز، در آب محلول شده و خصوصیات بخش لیگنین تغییر می‌یابد (٦). اثر اصلی عمل‌آوری با بخار آب تحت فشار افزایش مصرف خوراک و ضریب هضمی آن است. در حالی که در برخی تحقیقات اثر کمی بر هیدرولیز آنزیمی و تجزیه پذیری شکمبه ای مواد لیگنوسلولزی گزارش شده است ، کاسترو[1] و همکاران (٤) گزارش کردند هنگامی که به گاوها باگاس نیشکر عمل آوری شده با بخارآب تحت فشار داده شد، کاهش pH و زمان ابقاء در شکمبه حاصل شده که به تخریب گسترده الیاف طی عمل آوری مربوط می شود. البته در این روش تولید برخی از ترکیبات نامطلوب مانند مشتقات فورانی، اسید فرمیک واسید استیک اتفاق می‌افتد که امکان حذف آنها از بخش جامد مواد لیگنوسلولزی از طریق شستشو وجود دارد.

عمل آوری با بخار آب تحت فشار به عنوان یک روش عمل آوری فیزیکی مطرح است، اما در واقع یک فرایند حرارتی- مکانیکی و شیمیایی است که از اصول هیدرولیز اسیدی تبعیت می نماید. مزیت عمل آوری با بخار آب در چند دلیل خلاصه می شود: هیدرولیز کامل همی سلولز، دپلیمریزه شدن لیگنین و توزیع دوباره آن در دیواره سلولی، تورم دیواره سلولی و افزایش جرم حجم عملکردی[2] که منجر به استفاده بهتر پلی ساکاریدهای مواد عمل‌آوری شده توسط آنزیم‌های آزاد سلولی[3] و آنزیمهای میکروبی می‌شود. همچنین نشان داده شده که حدود ٦٠ درصد همی سلولز باگاس نیشکر هیدرولیز می‌شود که در نتیجه سلولز، بیشتر در معرض هیدرولیز آنزیمی قرار می‌گیرد (۱۰).

عمل آوری با بخار آب تحت فشار به عوامل متعددی مانند فشار، زمان عمل آوری و رطوبت بستگی دارد. هارتن[4] و همکاران (۸) برای عمل آوری باگاس نیشکر، آن را به مدت دو دقیقه تحت فشار ۲۰ مگاپاسکال قرار داده و به دو شکل پلت شده و پلت نشده در تغذیه گاوهای اخته برهمن استفاده نمودند. این محققین کاهش ضریب هضمی باگاس نیشکر عمل آوری شده به صورت پلت را گزارش کرده و هنگام به کارگیری آن بصورت پلت نشده تا سطح ۱۵ درصد جیره، بهبود افزایش وزن روزانه را گزارش کردند. لیو[5] و همکاران (۹) افزایش نرخ تولید گاز را در کاه برنج عمل آوری شده با بخارآب تحت فشار ۱٤/۸ تا ۱۸/۷۵ اتمسفر در مدت زمان ۰ تا ۱۰ دقیقه مشاهده نمودند، این محققین گزارش کردند که پتانسیل تولید گاز به‌طور معنی‌داری افزایش نیافته ولی، کاهش قندهای محلول با

1. Castro
2. Functional Specific Gravity
3. cell free enzymes
4. Horton
5. Liu

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

افزایش فشار بخار و زمان عمل آوری قابل توجه و معنی دار بوده است.

هدف از اجرای این تحقیق، مطالعه تاثیر سطوح مختلف بخار آب تحت فشار و زمان های مختلف عمل آوری بر کینتیک هضم باگاس نیشکر و تعیین شرایط بهینه عمل آوری آن بوده است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی و عمل آوری نمونه ها: پس از آسیاب کردن نمونه‌ها با آسیاب چکشی دارای غربال با قطر منافذ ۲/۵ میلی متر، مقداری آب به نمونه‌ها افزوده شد تا رطوبت آن به ۵۰ درصد رسیده و بصورت کاملا یکنواخت مخلوط گردید به طوریکه رطوبت سرتاسر نمونه‌ها را فراگرفت. سپس ۸۰۰ گرم نمونه (٤۰۰ گرم بر مبنای ماده خشک) با بخار آب، تحت سه میزان فشار ١٤، ۱۷ و ۲۰ اتمسفر و زمان عمل آوری ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲٤۰ ثانیه در سه روز جداگانه برای هر تکرار (جمعا ۲۷ نمونه) عمل‌آوری گردید. در پایان نمونه ها تحت حرارت ٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت در آون خشک شدند.

محاسبه اتلاف ماده خشک: با محاسبه مستقیم تفاوت درصد ماده خشک نمونه ها قبل وبعد از عمل آوری، درصد اتلاف ماده خشک آنها گزارش گردید.

آنالیز ترکیبات دیواره سلولی: ترکیب شیمیایی تمام نمونه ها شامل؛ دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی فاقد همی سلولز (ADF) با استفاده از دستگاه اتوماتیک اندازه گیری الیاف[1] و روش پیشنهادی ون سوست و لوئیس[2] (۱۷) اندازه گیری شد.

اندازه گیری مقدار قند محلول در آب: مقدار قند محلول در آب نمونه ها با روش فنل- سولفوریک (۷) با برخی تغییرات واستفاده ازمحلول قند زایلوز[3] به عنوان استاندارد (نگارنده) اندازه گیری شد، بدین منظور؛ به ۵۰۰ میلی گرم نمونه خشک که با آسیاب چکشی دارای غربال با قطرمنافذ یک میلی‌متر آسیاب شده بود، ۱۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیرافزوده به مدت دو ساعت در حمام آب دارای لرزاننده با دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد و دور لرزش ۱۲۰ مرتبه در دقیقه، قرار داده شد. سپس مخلوط حاصل توسط کروسیبل با قطر منافذ ۲ میکرون عصاره‌گیری شد و ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده در سه تکرار به لوله‌های آزمایش مجزا منتقل شده و به هریک ۰/٤ میلی‌لیترآب دوبار تقطیر، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول فنل ۰/۵ درصد (حجم/ وزن) و سپس ۲/۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) به سرعت افزوده شد. پس از رسیدن دمای محلول نهایی به دمای محیط ،با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب نوری محلول نهایی درطول موج ٤۷۷ نانومتر قرائت گردید. جهت اندازه‌گیری مقدار قند محلول درآب نمونه‌ها (مول در لیتر)، از منحنی استاندارد زایلوز استفاده شد.

اندازه‌گیری همی‌سلولز: مقدار همی‌سلولز نمونه‌ها ازروش هیدرولیز تری فلئورو اسید استیک (١٦) با انجام برخی تغییرات و استفاده از نمونه‌های فاقد قندهای محلول (نگارنده)، اندازه‌گیری شد. بدین منظور، نمونه‌های فاقد قند محلول باقیمانده درکروسیبل ازآزمایش قبل، به مدت ٢٤ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک شد. آن گاه به ۵ میلی گرم نمونه خشک، ۵ میلی لیتر محلول تری فلئورو اسید استیک ۲ مولار افزوده و به مدت یک ساعت در حمام روغن با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از رسیدن دمای مخلوط حاصل به دمای محیط، سانتریفیوژ گردید (۱۵ دقیقه، با دور ۳۰۰۰g). سپس به ازای هر نمونه ۳ بار به حجم ۰/۵ میلی لیتر از عصاره بالایی برداشته و به لوله های آزمایش مجزا منتقل شده و به هریک

1. Fibertec System
2. Van Soest & Lewis
3. A.NO.X1500)(D -Xylose, Sigma product

مقدار ۰/۵ میلی لیتر محلول فنل ۰/۵درصد (حجم/ وزن) و سپس ۲/۵ میلی لیتر اسیدسولفوریک غلیظ (۹۸٪) به سرعت افزوده شد. پس ازرسیدن دمای محلول نهایی به دمای محیط، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب نوری محلول نهایی درطول موج ٤٧٧ نانومتر قرائت گردید. جهت اندازه گیری مقدار همی‌سلولز نمونه‌ها (میلی‌گرم در لیتر)، از منحنی استاندارد زایلان[1] استفاده شد.

تعیین تجزیه پذیری[2]: برای این منظور با توجه به دستورالعمل تجزیه پذیری ارسکو و همکاران (۱۳)، چهار گرم نمونه خشک در داخل کیسه‌های داکرونی به ابعاد ۱۷×۱۰ سانتی‌متر و قطر منافذ۵۰-٤۰ میکرون قرار داده و پس از اتصال کیسه‌ها به شیلنگ‌های پلاستیکی توسط حلقه‌های لاستیکی، درون شکمبه سه راس گاواخته و بالغ تالشی (توضیح اینکه از هر نمونه در هر یک از ساعات انکوباسیون مورد مطالعه، یک تکرار در داخل شکمبه هر دام به قید قرعه) قرار داده شد و پس از ۰، ٤، ۸، ١٦، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ ساعت از شکمبه خارج گردید. سپس کیسه‌های حاوی نمونه در ماشین شوینده به مدت ٦٠-٥٠ دقیقه (۱ و۱۲) با آب سرد شسته و در انتها به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، خشک شد. سپس تفاوت وزن نمونه‌ها، قبل و بعد از تجزیه پذیری ثبت گردید. پس از محاسبه درصد کاهش ماده خشک کیسه‌ها در ساعات مختلف انکوباسیون، داده‌ها با استفاده از نرم افزار *FCURVE6* (۵) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و از مدل نمایی ارسکو[3] و همکاران (۱۳) ؛ $[P_t = a+b\ (1-e^{-ct})]$ برای برازش داده‌ها استفاده گردید.

در این مدل P_t میزان تجزیه پذیری در t ساعت پس از شروع انکوباسیون بر حسب درصد، a عرض از مبداء حاصل از برون یابی منحنی در زمان صفر، b تانژانت منحنی در زمان بینهایت و c نرخ ثابت کسری منحنی نمایی می‌باشد. همچنین، اتلاف شستشو و درصد تجزیه پذیری موثر (نرخ عبور ۲ درصد در ساعت) محاسبه و گزارش گردید.

تعیین میزان تولید گاز[4]: در این تحقیق برای اندازه‌گیری حجم گازهای تولیدی در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های شکمبه از روش پیشنهادی منک و استینگس[5] (۱۱) استفاده شد.

سپس تولید گاز ۲، ٤، ٦، ۸، ١٢، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ ساعت پس از شروع انکوباسیون قرائت گردید. داده های حاصله با مدل نمایی ارسکو و همکاران (۱۳)؛ $[GP = a+b\ (1-e^{-ct})]$ برازش شدند. در این معادله a، b و c ثابت های مدل بوده و GP حجم تولید گاز درساعت t بر حسب میلی‌لیتر است. همچنین a+b به عنوان پتانسیل تولید گاز گزارش گردید.

مدل آماری: داده‌های بدست آمده در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی با روش فاکتوریل ۳×۳ (سه سطح فشار و سه سطح زمان عمل آوری) برای هر نمونه در ۳ تکرار بدون احتساب شاهد، توسط نرم افزار SAS آنالیز واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن صورت گرفت. همچنین، برای مقایسه نمونه‌های عمل آوری شده با شاهد، داده‌ها در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی توسط نرم افزار SAS آنالیز واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانت صورت گرفت.

نتایج و بحث

کاهش ماده خشک: میزان کاهش ماده خشک باگاس نیشکر هنگام عمل آوری با بخار آب تحت فشار وابسته به شرایط عمل آوری است. کاسترو و همکاران (۳) کاهش ماده خشک معادل ۱۱ تا ۲۹ درصد درکاه گندم عمل آوری شده با بخارآب تحت فشار حدود ۱۹ بار در مدت زمان

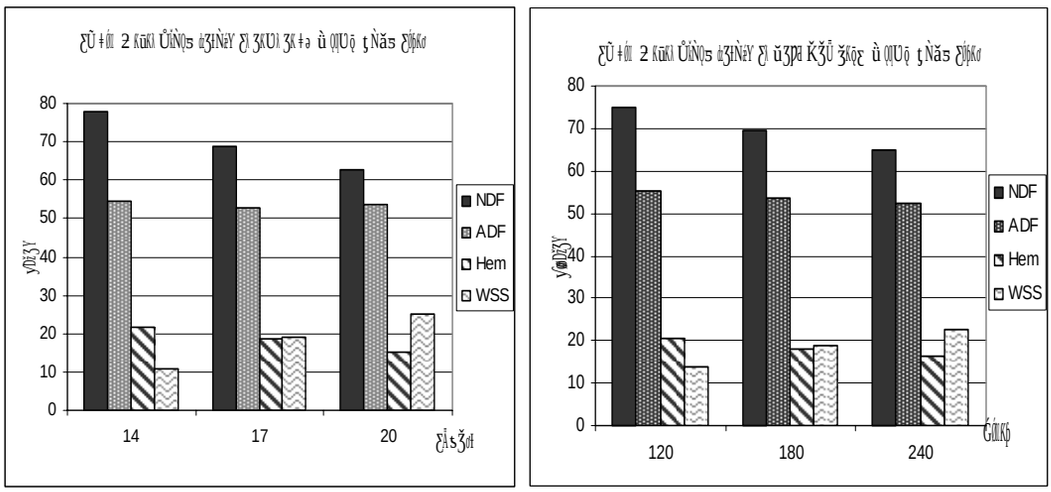
1. Xylan from Beechwood > 90%Xylose residues, Sigma product(A.NO.1.07190)
2. *in situ* technique
3. Ørskov
4. *Gas production technique*
5. Menke & Steingass

۱/۵ تا ٦ دقیقه را گزارش کرده‌اند. همچنین لیو و همکاران (۹)، کاهش ماده خشک معادل ۱۰ تا ۱۸درصد را درکاه برنج عمل آوری شده با بخارآب تحت فشار ۱٤/۸ تا ۱۸/۷۵ اتمسفر در مدت زمان ۰ تا ۱۰دقیقه مشاهده نمودند. در آزمایش حاضر، با افزایش فشار بخار از ۱٤ تا ۲۰ اتمسفر و زمان عمل آوری از ۱۲۰ تا ۲٤۰ ثانیه مقدار کاهش ماده خشک از۱/۲٦ درصد (۱٤ اتمسفر-۱۲۰ ثانیه)، به ٤/۵۵ درصد (۲۰ اتمسفر-۲٤۰ ثانیه) افزایش یافت (جدول ۱) که این میزان بسیار کمتر از آزمایشات فوق الذکر بود. همچنین، کاهش ماده خشک در فشار بخار۱٤، ۱۷ و ۲۰ اتمسفر به ترتیب برابر با ۱/۵۲، ۲/٤۵ و ۳/٦۰ درصد و در مدت زمان عمل آوری ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲٤۰ ثانیه به ترتیب برابر با ۲/۰۸، ۲/٤٦ و ۳/۰۲ درصد بود که تمام این میانگین‌ها تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (P<۰/۰۵). کاهش ماده خشک نشانه کاهش مواد مغذی و تولید مشتقات فورانی است، اما می‌تواند به عنوان حاصل خود هیدرولیز همی‌سلولز مطرح باشد، لذا با توجه به جدول ۱ ملاحظه می گردد که با افزایش در مقدار کاهش ماده خشک، مقدار همی‌سلولز کاهش یافته، به طوریکه بیشترین مقدار کاهش ماده خشک مربوط به باگاس نیشکر عمل آوری شده در فشار۲۰ اتمسفر به مدت ۲٤۰ ثانیه بوده که دارای کمترین مقدار همی‌سلولز نیز بوده است (P<۰/۰۵).

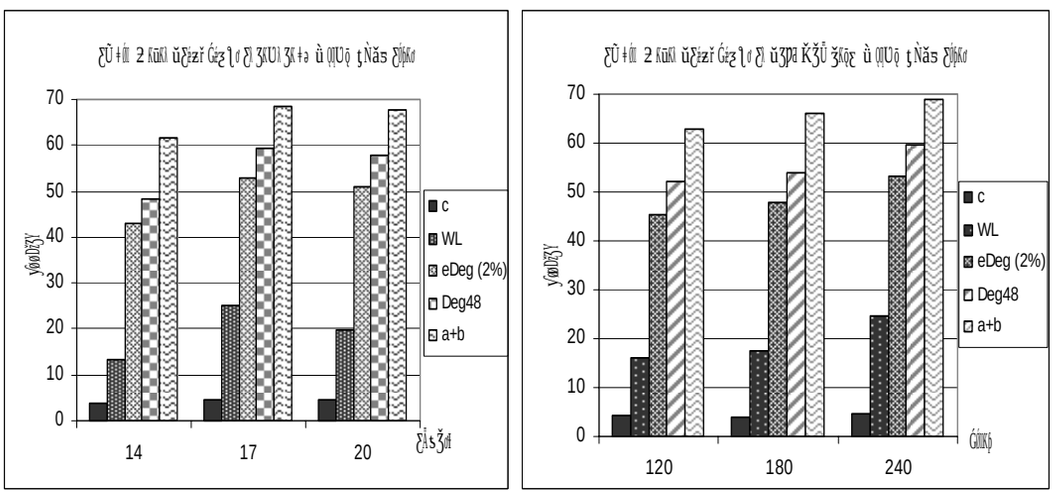
ترکیبات شیمیایی: عمل آوری باگاس نیشکر با بخار آب تحت فشار موجب کاهش معنی دار مقدار دیواره سلولی[1] (NDF) ، دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز[2] (ADF) وهمی‌سلولز[3] (Hem) و نیز افزایش معنی دار مقدار قند های محلول در آب[4] (WSS) در مقایسه با باگاس نیشکر عمل آوری نشده (شاهد) گردید (P<۰/۰۵). هر یک از اثرات اصلی فشار بخار و زمان عمل آوری نیز به‌طور معنی‌داری موجب کاهش مقدار دیواره سلولی شد (نمودار ۱). افزایش فشار بخار از ۱٤ به ۲۰ اتمسفر موجب کاهش معنی‌دار مقدار دیواره سلولی از ۷۷/٦٦ به ٦۲/۵۳ درصد و افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۲٤۰ ثانیه موجب کاهش معنی‌دار مقدار دیواره سلولی از ۷٤/۸۰ به ٦٤/۷۸ درصد شد (P<۰/۰۵). اثر متقابل این دو عامل بهترین نتیجه را در باگاس نیشکر عمل آوری شده در فشار۲۰ اتمسفر به مدت ۲٤۰ ثانیه داشته که به ۵٦/٦۰ درصد کاهش یافت (P<۰/۰۵). اما اثر فشار بخار، زمان عمل آوری و اثر متقابل آنها تاثیر معنی‌داری بر مقدار دیواره سلولی فاقد همی سلولز نداشت. اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل آوری موجب کاهش غیر معنی‌دار دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز شد و در تیمار با فشار۲۰ اتمسفر به مدت ۲٤۰ ثانیه، به کمترین مقدار خود یعنی ۵۱/٦۷ درصد رسید. در مقابل، عمل آوری با بخار آب تحت فشار موجب کاهش مقدار همی‌سلولز نمونه‌ها در مقایسه با شاهد شد. در این تحقیق افزایش فشار بخار از ۱٤ به ۲۰ اتمسفر موجب کاهش معنی‌دار مقدار همی‌سلولز از ۲۱/۸۱ به ۱۵/۱۷ درصد و افزایش زمان عمل‌آوری از ۱۲۰ به ۱۸۰ ثانیه موجب کاهش معنی‌دار مقدار همی‌سلولز از ۲۰/۵۸ به ۱٦/۵۳ درصد شد (نمودار ۱). با توجه به جدول ۱ اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل‌آوری موجب کاهش معنی‌دار مقدار همی‌سلولز گردید (P<۰/۰۵).

همان طور که مشهود است این امر در جهت عکس تغییرات قندهای محلول بوده و باگاس نیشکر عمل آوری شده در فشار۲۰ اتمسفر به مدت ۲٤۰ ثانیه دارای کمترین مقدار همی‌سلولز، معادل با ۱۱/۸۹ درصد بود. به عبارتی با افزایش فشار بخار و زمان عمل آوری، همی‌سلولز بیشتری هیدرولیز گشته و مقدار قندهای محلول (جدول ۲) افزایش یافته است همچنین این دو فراسنجه همبستگی معنی‌دار منفی (۰/۸۲-) بالایی با هم نشان دادند.

1. Neutral Detergent Fiber
2. Acid Detergent Fiber
3. Hemicellulose
4. Water Soluble Sugar

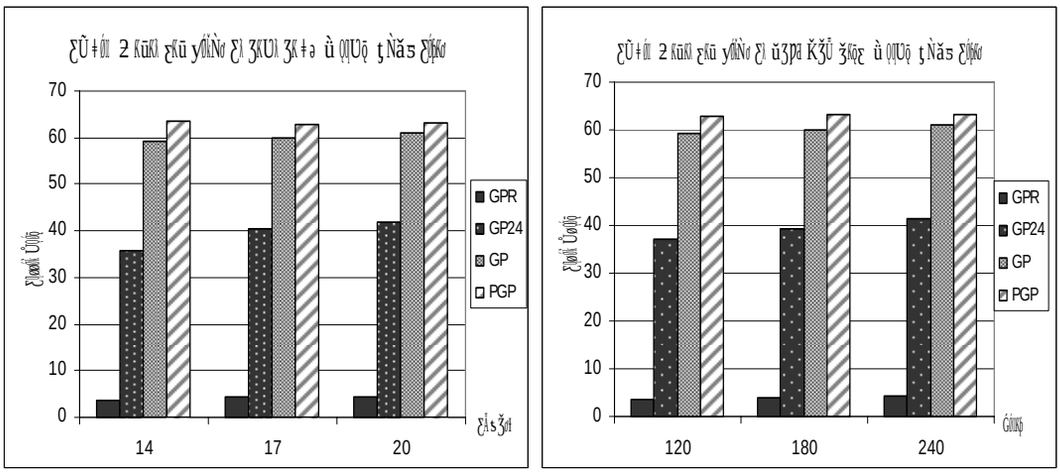


شکل ۱ - تاثیر سطوح مختلف فشار بخار و زمان عمل آوری بر دیواره سلولی باگاس نیشکر



شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف فشار بخار و زمان عمل آوری بر تجزیه پذیری باگاس نیشکر

در نمودار فوق: C: درصد نرخ تجزیه پذیری در ساعت، WL: درصد افت شستشو، eDeg (2%): درصد تجزیه پذیری مؤثر در حالت نگهداری، DEG48: درصد تجزیه پذیری پس از ٤٨ ساعت و a+b: درصد پتانسیل تجزیه پذیری میباشد)



شکل ۳ - تاثیر سطوح مختلف فشار بخار و زمان عمل آوری بر تولید گاز باگاس نیشکر

در مورد دیواره سلولی فاقد همی سلولز، لیو و همکاران (۹)، افزایش این بخش را با افزایش فشار بخار و زمان عمل آوری مشاهده نمودند، لیکن در مورد دیواره سلولی و همی‌سلولز نتایج مشابهی را گزارش نمودند اما، نتایج تحقیقات دیگر محققین در مورد مقایسه نمونه های عمل آوری شده و عمل آوری نشده مشابه نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر بود (۱۴،۲،۱۰). رنگن کار[1] و همکاران (۱۵) تاثیر بخار آب تحت فشار ٤/٨٤ تا ٨/٧ اتمسفر در مدت ۳۰ و ٦۰ دقیقه بر خواص شیمیایی و قابلیت هضم باگاس نیشکر، کاه برنج و کاه سورگوم را مورد مطالعه قرار دادند، این محققین ثابت بودن مقدار دیواره سلولی فاقد همی سلولز و کاهش درصد دیواره سلولی را در اثر این نوع عمل آوری گزارش نمودند. کینتیک تجزیه شکمبه‌ای: اتلاف شستشو[2](WL) ، پتانسیل تجزیه پذیری (a+b)، تجزیه پذیری ٤٨ ساعت پس از شروع انکوباسیون و تجزیه پذیری موثر در نرخ عبور ۲ درصد تمام حالات عمل آوری باگاس نیشکر در مقایسه با شاهد، به طور معنی‌داری افزایش داشت (P<۰/۰۵). در این تحقیق افزایش فشار بخار از ١٤ به ۲۰ اتمسفر موجب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) اتلاف شستشو از ۱۳/۳۱ به ۱۹/٦٦ درصد، پتانسیل تجزیه پذیری از ٦١/٥٥ به ٦٨/٥٦ درصد، تجزیه پذیری ساعت ٤٨ از ٤٨/٤٢ به ٥٩/٤٧ درصد، تجزیه پذیری موثر از ٤٢/٨٨ به ٥٢/٨٤ درصد و نرخ تجزیه پذیری از ٣/٦٨ به ٤/٥٥ درصد در ساعت گردید. همچنین افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۲٤۰ ثانیه تاثیر معنی‌داری بر اتلاف شستشو و پتانسیل تجزیه پذیری نداشت، ولی موجب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) تجزیه پذیری ساعت ٤٨ از ٥٢/٠٣ به ٥٩/٧٧ درصد، تجزیه پذیری موثر از ٤٥/٣٦ به ٥٣/٢٨ درصد، و نرخ تجزیه پذیری از ٣/٨٠ به ٤/٥٧ درصد در ساعت شد. توجه به جدول ۲ بهترین اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل آوری در مورد اتلاف شستشو، تجزیه پذیری موثر و نرخ تجزیه پذیری به ترتیب ۳۰/٦۳، ٥٨/١٣ و ٥/٢٧ درصد در تیمار ۱۷ اتمسفر- ۲٤۰ ثانیه و بیشترین مقدار تجزیه پذیری ساعت ٤٨ و پتانسیل تجزیه پذیری به ترتیب ٦٣/٦٣ و ٧١/١٠ درصد در تیمار۲۰ اتمسفر -۲٤۰ ثانیه بود.

کاسترو (۲) نیز افزایش اتلاف شسشتشو را پس از عمل آوری کاه گندم با افزایش فشار بخار از ۹۸ به ۱۳٤ درجه سانتی‌گراد و زمان عمل آوری از ٤۰ تا ۱۲۰ دقیقه گزارش داده و بیان نمود که این افزایش همبستگی منفی مناسبی با کاهش درصد دیواره سلولی داشته است که در تحقیق

1. Rangnekar
2. Washing Loss

حاضر، این همبستگی ۰/۵۵۷۲- بود.

کینتیک تخمیر و تولید گاز: کل تولیدگاز[1] (GP)، نرخ تولید گاز[2](GPR) ، تولید گاز ۲٤ ساعت پس از شروع انکوباسیون (GP_{24}) و پتانسیل تولید گاز[3] (PGP) تمام حالات عمل آوری باگاس نیشکر در مقایسه با شاهد، به‌طور معنی داری افزایش یافت($P<۰/۰۵$). با توجه به نمودار ۳ افزایش فشار بخار از ١٤ تا ۲۰ اتمسفر موجب افزایش معنی‌دار($P<۰/۰۵$) تولید گاز پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون، از ۳۰/٦۹ به ٤۱/۹٤ میلی‌لیتر در ساعت شد و افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۲٤۰ ثانیه موجب افزایش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) تولید گاز پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون ،از ۳۷/۲۳ به ٤۱/۵۲ میلی‌لیتر و نرخ تولید گاز از ۳/٦۷ به ٤/٤۱ میلی‌لیتر در ساعت شد. اما اثر فشار بخار، همچنین زمان عمل آوری بر سایر فراسنجه ها معنی دار نبود. باتوجه به جدول ۲ بهترین اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل آوری در مورد کل تولید گاز و تولید گاز ۲٤ ساعت پس از شروع انکوباسیون به ترتیب ٦۱/۸۵، ٤٤/۱۱، میلی لیتر و نرخ تولید گاز، ٤/۸۷ میلی لیتر در ساعت مربوط به فشار۲۰ اتمسفر و زمان عمل آوری۲٤۰ ثانیه بود. البته میانگین‌های اثرات متقابل مربوط به پتانسیل تولید گاز و تولید گاز ۲٤ ساعت پس از شروع انکوباسیون تفاوت معنی داری با هم نداشتند ($P>۰/۰۵$). نتایج آزمایش حاضر با نتایج بدست آمده توسط کاسترو (۲) همخوانی دارد. او نشان داد که افزایش دمای عمل آوری با بخار از ۹۸ تا ۱۳٤ درجه سانتیگراد و زمان عمل آوری از ٤۰ تا ۱۲۰ دقیقه بر کاه گندم، تاثیر مثبت روی هیدرولیز همی‌سلولز و افزایش تولید گاز داشت و توانست میزان تولید گاز را در واحد زمان افزایش دهد، لیکن میان تیمارهای مختلف تفاوتی معنی‌داری از لحاظ کل تولید گاز و پتانسیل تولید گاز وجود نداشت، این در حالی بود که عمل آوری، تمام فراسنجه‌ها را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری بهبود داد ($P<۰/۰۵$).در باگاس نیشکرعمل آوری شده با بخار آب تحت فشار در مقایسه با شاهد، مقدار قندهای محلول بطور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). افزایش فشار بخار از ١٤ تا۲۰ اتمسفر مقدار قندهای محلول را از ۱۰/٦۵ به ۲۵/١٤ و افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۲٤۰ ثانیه مقدار قندهای محلول را از ۱۳/۷۵ به ۲۲/٤۲ درصد افزایش داد. با توجه به جدول ۲ بهترین اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل آوری در مورد مقدار قندهای محلول ۲۹/۵۲ درصد (۲۰ اتمسفر -۲٤۰ ثانیه) بود. در بررسی اثر متقابل فشار بخار و زمان عمل آوری فراسنجه های تولید گاز، روابط کمی با مقدار قندهای محلول در آب (WSS) داشتند. معادلات بدست آمده که در آنها x درصد قندهای محلول در آب بوده ارائه گردیده است:

$GPR= ۰/۰۸۵٦\ x+ ۲/۳٦٦۲ \quad R^2= ۰/۸۱۸$

$GP= ۰/۱۲٦\ x+ ۵۷/۷۱ \quad R^2=۰/۸۰۹٦$

$GP_{24}= ۰/٤۳۰۷\ x +۳۱/۵ \quad R^2= ۰/۸۸۰۵$

با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان استنباط نمود که ارزش غذایی باگاس نیشکر عمل آوری شده تا حد زیادی وابسته به میزان تولید قندهای محلول بوده و بنابراین در نمونه‌هایی که میزان همی‌سلولز بیشتری هیدرولیز گشته، قندهای محلول بیشتری نیز تولید شده، که در نتیجه ضریب هضمی و ارزش غذایی باگاس بیشتر خواهد بود.

شرایط بهینه عمل آوری: باتوجه به نتایج فوق، عمل آوری در فشار ۲۰ اتمسفر به مدت ۲٤۰ ثانیه بهترین نتیجه را در بخش تجزیه پذیری (تجزیه پذیری ساعت ٤۸، ٦۳/٦۳ درصد) و تولید گاز (تولید گاز در ساعت ۲٤، ٤٤/۱۱ میلی‌لیتر) داشت و دراین حالت، کمترین درصد دیواره سلولی و همی‌سلولز و بیشترین درصد قندهای محلول (به ترتیب، ۵٦/٦۰، ۱۱/۸۹ و ۲۹/۵۲ درصد) به دست آمد که ظاهرا بهترین نوع عمل آوری دراین آزمایش بوده و لازم است آزمایش های مزرعه‌ای مرتبط برای تعیین تحقیقات عملکردی صورت گیرد.

1. Gas Production
2. Gas Production Rate
3. Potential Gas Production

جدول ۱ - تاثیر عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر ترکیب شیمیایی و کاهش ماده خشک باگاس نیشکر

فشار(اتمسفر)	زمان (ثانیه)	DML[1]	NDF	ADF	Hem
شاهد		–	۸۵/۹۷	۵۹/۸۷	۲۳/۹۵
۱٤	۱۲۰	۱/۲٦[fr]	۸۰/۷۳[a]	۵۵/۷۳[a]	۲۲/۷۲[a]
	۱۸۰	۱/۵٤ [e]	۷۷/۳۰[a]	۵٤/٦۰[a]	۲۰/٦۳[b]
	۲٤۰	۱/۷٤ [e]	۷٤/۹۳[ab]	۵۲/۹۳[a]	۲۱/۰۸[b]
۱۷	۱۲۰	۱/۹۸[e]	۷٤/۷۳[ab]	۵٤/۲۷[a]	۲۰/۳۰[b]
	۱۸۰	۲/٦۰[c]	٦۸ /۸۷[abcd]	۵۲/٤۰[a]	۱۸/۸۵[c]
	۲٤۰	۲/۷۷ [c]	٦۲/۸۰[bcd]	۵۱/۹۳[a]	۱٦/٦۱[d]
۲۰	۱۲۰	۳/۰۱ [b]	٦۸/۹۳[abc]	۵۵/٤۷[a]	۱۸/۷۳[c]
	۱۸۰	۳/۲۵ [b]	٦۲/۰۷[cd]	۵٤/۲۰[a]	۱٤/۸۹[e]
	۲٤۰	٤/۵۵ [a]	۵٦/٦۰[d]	۵۱/٦۷[a]	۱۱/۸۹[f]
SEM		۰/۱۹	۱/۸۷	۰/٦۲	۰/٦٤

[1] DML: درصد کاهش ماده خشک، NDF: درصد دیواره سلولی، ADF:درصد دیواره سلولی فاقد همی سلولزو Hem : درصد همی سلولز برمبنای ماده خشک می باشد.

[2] میانگین های دارای حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

جدول ۲- مقایسه فراسنجه های کینتیک تجزیه پذیری و تخمیر پذیری

فشار	زمان	WL[1]	a+b	c	eDeg	Deg_{48}	GP	GPR	GP_{24}	PGP	WSS
شاهد		۵/۸۷	٤٦/۰٦	٤/۱٦	۳۱	۳٦/۰۵	٤٤/۷۷	۳/۲۲	۲۵/٦۰	٤۸/۹٦	۱/۵۱
۱٤	۱۲۰	۱۱/۱۰[h2]	٦۰/۳۰ [e]	۳/۱۳ [e]	۳۹/٦۰ [g]	٤۵/٤۲[f]	۵۹/۰۹[a]	۳/۰۷[d]	۳۲/۸۰ [d]	٦۳/۱۵ [a]	۸/٦۱ [e]
	۱۸۰	۱۲/۵[g]	۵۹/۸۲ [e]	٤/۰۰ [bc]	٤۲/٦۰ [f]	٤۷/۵[ef]	۵۸/۷۷[a]	۳/٦۰[c]	۳۲/۷٤ [c]	٦۲/۹۸ [a]	۱۰/٦۵[bc]
	۲٤۰	۱٦/۳۳ [f]	٦٤/۵٤ [d]	۳/۹۲ [cd]	٤٦/٤۳ [e]	۵۱/۸۹[de]	٦۰/۱۹[a]	۳/٦۰[c]	۳۷/۵۱ [c]	٦۳/۸۹ [a]	۱۲/٦۷[cd]
۱۷	۱۲۰	۲۳/۸۰[e]	٦۵/۹۷[cd]	٤/٤٦ [b]	۵۰/۸۷ [cd]	۵۸/۱۰[b]	۵۸/۷۰[a]	۳/۹۱[bc]	۳۸/۵۱[bc]	٦۱/۷٦ [a]	۱۲/۸۰ [b]
	۱۸۰	۲۰/۵۳ [d]	٦۸/۳۱[bc]	۳/٤۱[de]	٤۹/۵۳ [d]	۵٦/۵۱[bc]	٦۰/۰۷[a]	٤//۱۸[b]	٤۰/۱٦ [b]	٦۳/۳۸ [a]	۱۹/۵٦[de]
	۲٤۰	۳۰/٦۳ [a]	۷۱/٤۰ [a]	۵/۲۷ [a]	۵۸/۱۳ [a]	٦۳/۵۱[a]	٦۰/۷۳[a]	٤/۷٦[a]	٤۲/۹٤ [a]	٦۲/۷۳ [a]	۲۵/۰۸ [a]
۲۰	۱۲۰	۱۲/۹۳[g]	٦۱/۸۸ [e]	۵/۱۳ [a]	٤۵/٦۰ [e]	۵۲/۵۷[cd]	۵۹/۸٦[a]	٤/۰۳ [bc]	٤۰/۳۹[bc]	٦۳/۱٤ [a]	۱۹/۸٤ [a]
	۱۸۰	۱۹/۵۳ [e]	٦۹/۷٤[b]	٤/۰۰ [bc]	۵۱/۵۳[c]	۵۷/۰۹[bc]	٦۰/۸۸[a]	٤/۲٤ [b]	٤۱/۳۲ [b]	٦۳/۲۵ [a]	۲٦/۰۷[bc]
	۲٤۰	۲٦/۵۰ [b]	۷۱/۱۰ [a]	٤/۵۲ [b]	۵۵/۲۷[b]	٦۳/٦۳[a]	٦۱/۸۵[a]	٤/۸۷ [a]	٤٤/۱۱ [a]	٦۳/۳۱ [a]	۲۹/۵۲ [a]
SEM		۱/۲۵	۰/۸۷	۰/۱٤	۱/۱۱	۱/۲۵	۰/٤۲	۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۳۹	۰/٦٤

[1] WL: درصد اتلاف شستشو، a+b: درصد پتانسیل تجزیه پذیری، c: نرخ تجزیه پذیری (درصد در ساعت)، eDeg: درصد تجزیه پذیری موثر با نرخ عبور ۲ درصد، Deg_{48}: درصد تجزیه پذیری ٤۸ ساعت پس از شروع انکوباسیون، GP: کل تولید گاز (میلی لیتر)، GPR: نرخ تولید گاز (میلی لیتر در ساعت)، PGP: پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر) و WSS: درصد قندهای محلول در آب بر مبنای ماده خشک میباشد.

[2] میانگین های دارای حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

منابع

1. **AFRC. 1992.** Agricultural and Food & Research Council: Committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animals: Protein Nutrition Abstracts Review (Series B) Report No. 9.
2. **Castro F.B. 1994.** The use of steam treatment to upgrade lignocellulosic materials for animal feed. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen, Scotland, UK.
3. **Castro F.B., P.M. Hotten, E.R. Orskov and M. Rebeller. 1994.** Inhibition of rumen microbes by compounds formed in the steam treatment of wheat straw. Bioresource Technology, 50: 25-30.
4. **Castro F.B., T.C.B. Paiva and I. Acardo. 1995.** Substitution of sugar cane with steam-treated eucalyptus (Eucalyptus grandis): Effect on growth rate of dairy heifers. Animal Feed Science and Technology, 52: 93-100.
5. **Chen X.B. 1995.** Neway Excel User Manual. International Feed Resources Unit, Rowett Research Institute, Bucksburn Aberdeen. AB2 9SB UK.
6. **De la Cruz H.O. 1990.** Steam treated bagasse for fattenning cattle. Effect of supplementation with Gliricidia sepium and urea/mollasses. Livestock Research for Rural Development, Vol. 2: No. 1, Jul.
7. **Dubois M., K.A. Gilles, J. K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annual Chemistry, 28: 350-356.
8. **Horton G.M.J., F.M. Pate and W.D. Pitman. 1991.** The effect of steam pressure treatment, pelleting and ammoniation on the feeding value of sugarcane bagasse for cattle. Canadian Journal of Animal Science, 71: 79-86.
9. **Liu J.X., E.R. Ørskov and X.B. Chen. 1999.** Optimization of steam treatment as a method for upgrading rice straw as feeds. Animal Feed Science and Technology, 76:345-357.
10. **Liu J.X. and E.R. Ørskov. 2000.** Cellulase treatment of untreated and steam pre-treated rice straw-effect on *in vitro* fermentation characteristics. Animal Feed Science and Technology, 88: 189-200.
11. **Menke K.H. and H. Steingass. 1988.** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research Development, Separate print, 28: 7-55.
12. **Madsen J. and T. Hvelplund. 1994.** Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen: Results of a European ring test. Livestock Production Science, 39: 201-212.
13. **Ørskov E.R., F.D.D. Hovell and F. Mould. 1980.** The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Animal Production, 5:195-213.
14. **Pate F.M. 1982.** Value of treating bagasse with steam under pressure for cattle feed. Tropical Agriculture (Trinidad), 59: 293-297.
15. **Rangnekar D.V., V.C. Badve, S.T. Kharat, B.N. Sobale and A.L. Joshi. 1982.** Effect of high-pressure steam treatment on chemical composition and digestibility in vitro of roughages. Animal Feed Science and Technology, 7: 61-70.
16. **Ternud I.E., O. Theander, L. Torneport and L. Vallander. 1989.** Changes in chemical composition of steam-exploded wheat straw during enzymic treatment. Enzyme and Microbe Technology, 11: 500-506.
17. **Van Soest P.J.B. and B.A. Lewis. 1991.** Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.