اثر دما، رطوبت و مدت زمان عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر ترکیبات شیمیایی، تجزیه پذیری و تخمیرپذیری سرشاخه خرما

The effects of temperature, humidity and reaction time on chemical composition, degradability and fermentability of palm date frond

محمد توکلی[۱] ، مجتبی زاهدی فر[۲] ، کیوان کرکودی[۳] ، فرهاد فرودی[۴]

۱ -دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین
۲- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور
۳ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۴- استادیار دانشگاه اسلامی واحد ورامین

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۲۳

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۸۵ با هدف بررسی اثر عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر ارزش غذایی سرشاخه خرما تحت شرایط کنترل شده از نظر رطوبت (۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد) ، زمان عمل آوری (۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ ثانیه) و فشار بخار (۲۰ اتمسفر) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل ۵×۴ درسه تکرار برای هر تیمار در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور به انجام رسید. تأثیر عوامل رطوبت و زمان عمل آوری و نیز اثر متقابل آن ها بر کلیه ترکیبات شیمیایی دیواره سلولی ، تولیدگاز پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون و درصد تجزیه پذیری پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون معنی دار بود ($P<0/05$). از بین اجزای دیواره سلولی، تغییرات لیگنین بارزتر بوده و بطور معنی داری از ۱۲ درصد در نمونه شاهد، به ۲۵/۸۰ درصد در نمونه عمل آوری شده تحت شرایط ۳۰ درصد رطوبت و ۳۰۰ ثانیه زمان عمل آوری افزایش پیدا کرد. مقدار قند محلول نیز از ۴/۵۸ درصد در تیمار شاهد به ۸/۰۵ درصد در نمونه حاوی ۵۰ درصد رطوبت و عمل آوری شده به مدت ۲۴۰ ثانیه افزایش یافت. اما با طولانی شدن زمان عمل آوری، کاهش معنی داری در غلظت قندهای محلول مشاهده گردید. کل ترکیبات فنلی قابل استخراج، افزایش معنی داری داشت و از ۳/۶۱ در نمونه شاهد، به ۵/۹۹ درصد در نمونه عمل آوری شده در شرایط ۴۰ درصد رطوبت و ۳۰۰ ثانیه زمان عمل آوری افزایش پیدا کرد. افزایش شدت عمل آوری، کاهش ماده خشک را نیز به همراه داشت، به طوری که بیشترین کاهش ماده خشک در نمونه عمل آوری شده تحت شرایط ۳۶۰ - ۳۰ (زمان عمل آوری- رطوبت) به میزان ۱۴/۴۰ درصد بود. دیواره سلولی بر اثر عمل آوری بخار، کاهش یافت، هر چند که در برخی تیمارها افزایش معنی دار آن با شدت یافتن شرایط عمل آوری مشاهده گردید. دیواره سلولی فاقد همی سلولز به طور معنی داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش پیدا کرد. در بخش آزمایش های بیولوژیکی، تجزیه پذیری کلیه نمونه های عمل آوری شده بیشتر از شاهد بود و افت شستشو از ۲۳/۴۳ درصد در نمونه شاهد، به ۳۴ درصد در نمونه عمل آوری شده تحت شرایط ۳۰۰ - ۳۰ (زمان عمل آوری - رطوبت) افزایش پیدا کرد. از بین ۲۱ تیمار مورد مطالعه، تیمار ۱۸۰ - ۴۰ (زمان عمل آوری - رطوبت) دارای بیشترین میزان تولیدگاز بود و به عنوان تیمار برتر انتخاب گردید.

واژه های کلیدی: سرشاخه خرما، بخار آب تحت فشار، کربوهیدرات های محلول در آب، ترکیبات فنلی قابل استخراج، تجزیه پذیری، تولیدگاز

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

حیوانات نشخوارکننده سهم به سزایی در تأمین نیازهای غذایی انسان دارند و در حقیقت عامل تبدیل مواد خشبی به پروتئین حیوانی هستند. در اکثر کشورهای آسیایی ، تغذیه نشخوارکنندگان بر پایه بقایای محصولات زراعی انجام می شود. در ایران نیز محصولات فرعی زراعی و باغی به مقدار قابل توجهی تولید می شوند. به عنوان مثال برای جلوگیری از افت محصول و سهولت برداشت، درختان نخل باید هرساله هرس شوند. از هر درخت نخل به طور متوسط ۱۰ عدد برگ خشک و نیمه خشک به دست می آید. به طوری که در هر سال بیش از ۵۰۰ هزار تن سرشاخه در کشور تولید می شود(۴) که در صورت فراوری شدن با یک روش مناسب می تواند بخشی از انرژی مورد نیاز روزانه حیوانات نشخوارکننده را تأمین کند. به کارگیری روش های بیولوژیکی، استفاده از مواد قلیایی و بخار آب تحت فشار ، شیوه های متفاوتی از عمل آوری مواد خشبی هستند. در بین این روش ها استفاده از بخار آب تحت فشار ، نتایج رضایت بخشی را در افزایش ارزش غذایی مواد خشبی داشته است. عمل آوری با بخار آب تحت فشار موجب هیدرولیز کامل همی سلولز(۱۵)، دپلیمریزه شدن (۱۹و ۱۶) و توزیع مجدد لیگنین در داخل دیواره سلولی (۳۳و۲۶) و تورم دیواره سلولی (۳۴ و ۲۷) می گردد. در تحقیقی که توسط کریمی و همکاران (۱۳۸۵) انجام گرفت تأثیر سه سطح فشار بخار (۱۴، ۱۷ و ۲۰ اتمسفر) و سه زمان عمل آوری (۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ ثانیه) بر کینتیک هضم سرشاخه خرما مطالعه شد. نتایج نشان داد که عمل آوری در فشار۲۰ اتمسفر و زمان ۱۸۰ ثانیه ، نتایج بهتری داشت، به طوری که در این وضعیت ، بیشترین مقادیر تجزیه پذیری (۶۸/۸۲ درصد)، تولیدگاز (۲۷/۴۹ میلی لیتر)، قندهای محلول (۱۰/۰۲ درصد) و کمترین مقدار دیواره سلولی(۵۴/۷۷ درصد) به دست آمد (۷). عمل آوری سرشاخه خرما به مدت ۳۰۰ ثانیه با فشار ۱۴ اتمسفر و رطوبت ۵۰ درصد سطح ترکیبات فنلی قابل استخراج و کربوهیدرات های محلول در آب را افزایش داد. همچنین فراسنجه های حجم تولیدگاز و تجزیه پذیری در نمونه های مربوط به این تیمار بهبود پیدا کرد (۳). بر اساس گزارش بنگالی و همکاران (۲۰۰۴) عمل آوری برگهای نخل روغنی با محتوای رطوبت (۳۰ - ۲۵ درصد) به مدت ۲۰ دقیقه ، نتیجه بهتری را از نظر قابلیت تجزیه پذیری ارائه داد. تحقیق حاضر نیز با هدف بررسی اثر رطوبت و زمان های عمل آوری با بخار آب تحت فشار و اثر متقابل آن ها بر ترکیبات شیمیایی، تجزیه پذیری و تخمیرپذیری سرشاخه خرما صورت گرفت.

مواد و روش ها

سرشاخه خرما از مرکز تحقیقات خرما واقع در استان خوزستان تهیه و به مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور حمل شد و پس از خرد کردن به قطعات ۵ - ۳ سانتی متری به خوبی مخلوط شده و از قسمت های مختلف آن نمونه برداری گردید. نمونه ها به ۴ گروه مساوی تقسیم شدند و به هر گروه به مقدار لازم آب اضافه شد تا سطوح رطوبتی ۳۰ ، ۴۰ ، ۵۰ و ۶۰ درصد حاصل گردد. پس از گذشت ۲۴ ساعت ،کلیه نمونه ها تحت فرایند عمل آوری با بخار آب تحت فشار ۲۰ اتمسفر قرار گرفتند. بدین ترتیب که از هر نمونه ، حدود ۲۰۰ گرم بر مبنای ماده خشک در داخل توری های فلزی استوانه ای شکل به ظرفیت ۵۰۰ گرم با حفظ تخلخل ، ریخته شد و هر نمونه در ۳ تکرار به مدت زمان های ۱۲۰ ، ۱۸۰ ، ۲۴۰ ، ۳۰۰ و ۳۶۰ ثانیه مورد عمل آوری قرار گرفت. میزان کاهش ماده خشک از تفاضل وزن نمونه (بر مبنای ماده خشک) در قبل و بعد از عمل آوری به دست آمد ، ترکیبات شیمیایی شامل دیواره سلولی ، دیواره سلولی فاقد همی سلولز، لیگنین (۱۴) ، کربوهیدرات های محلول (۱۳) و کل ترکیبات فنلی قابل استخراج اندازه گیری شد (۲۰). همچنین میزان تخمیرپذیری (۲۴) و تجزیه پذیری (۲۵) نمونه ها نیز مورد اندازه گیری قرار گرفت.

روش تجزیه و تحلیل نتایج

برای برآورد اثرات اصلی رطوبت و زمان عمل آوری و نیز اثر متقابل آن ها داده های به دست آمده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با روش

Archive of SID
www.SID.ir

فاکتوریل۵×۴ توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن انجام شد. مدل آماری طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل به صورت رابطه (۱) است.

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + T_j + M_iT_j + E_{ijk} \quad (۱)$$

که در آن :

Y_{ijk}: مقدار n مین مشاهده در رطوبت i و زمان j

μ : میانگین کل

M_i: اثر i مین رطوبت

T_j : اثر j مین زمان

M_iT_j : اثر متقابل i مین رطوبت و j مین زمان عمل آوری

E_{ijk} : اثر اشتباه آزمایش

همچنین برای مقایسه نمونه های عمل آوری شده (۲۰ تیمار در ۳ تکرار - ۶۰ نمونه برای هر صفت) با تیمار شاهد (۳ تکرار - ۳ نمونه برای هر صفت) داده ها در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم افزار SAS آنالیز واریانس شد و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون دانت صورت گرفت. مدل آماری طرح نیز به صورت رابطه (۲) بود.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ijk} \quad (۲)$$

که در آن :

Y_{ij} : مقدار n مین مشاهده

μ : میانگین کل

T_i : اثر i مین تیمار

E_{ijk} : اثر اشتباه آزمایش

نتایج و بحث

کاهش ماده خشک

تغییرات محتوای ماده خشک ، حاصل واکنش های شیمیایی است که در اجزای دیواره سلولی در طی عمل آوری اتفاق می افتد. واکنش های شیمیایی مذکور ، تحت تأثیر فشار بخار که رابطه مستقیمی با دمای بخار آب دارد، زمان عمل آوری، محتوای رطوبت نمونه ها و نوع سوبسترا قرار می گیرد. در این تحقیق ، بالا بردن سطح رطوبت از ۳۰ تا ۴۰ درصد ، موجب افزایش معنی دار اتلاف ماده خشک گردید و بعد از آن بی تأثیر بود. همچنین بالابردن زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۶۰ ثانیه ، سبب افزایش معنی دار اتلاف ماده خشک از ۹/۸۰ به ۱۴/۲۷ درصد گردید (جدول۱). اثر متقابل رطوبت و زمان عمل آوری موجب شد تا با افزایش زمان عمل آوری در واحد رطوبت (به جز سطح رطوبت ۴۰ درصد) مقدار ماده خشک به طور معنی داری کاهش یابد ($P<۰/۰۵$) (جدول۲). به طور کلی ، کاهش ماده خشک بر اثر عمل آوری با بخار آب ، به تولید ترکیبات فرار از بخش کربوهیدرات های دیواره سلولی (به ویژه همی سلولز) مربوط می شود. بدین صورت که هیدرولیز اجزای دیواره سلولی توسط اسیدهای آلی (اسید استیک، اسید فرمیک) به انجام می رسد (۹). منشاء این اسیدها گروه های استیل و فرمیل در همی سلولز و پکتین است و از آن جایی که اسیدهای آلی فوق ، دارای ماهیتی فرار هستند ، بعد از باز شدن دریچه مخزن هیدرولایزر دستگاه، متصاعد شده و سبب کاهش ماده خشک در مواد عمل آوری شده با بخار می گردند. در تحقیقی که توسط رانگنیکار و همکاران (۱۹۸۲) در مورد کاه برنج صورت گرفت ، با افزایش فشار بخار از ۵ تا ۹ بار به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه ، اتلاف ماده خشک از ۱۷/۶ به ۳۹/۵ درصد رسید. لیو و همکاران (۱۹۹۹) ، کاهشی معادل ۱۰ تا ۱۸ درصد را در ماده خشک کاه برنج عمل آوری شده با بخار آب تحت فشار ۱۵ تا ۱۹ بار در مدت زمان صفر تا ۱۰ دقیقه مشاهده نمودند. همچنین آنان اظهار داشتند که اتلاف ماده خشک در سطوح رطوبت بالاتر به دلیل تأثیر رطوبت بر روند انتقال حرارت کمتر است. کریمی و همکاران (۱۳۸۵) بیشترین کاهش ماده خشک را در سرشاخه خرمای عمل آوری شده با بخار آب تحت فشار ۲۰ اتمسفر، زمان ۲۴۰ ثانیه همراه با افزودن ۱ درصد اسید معادل ۸/۲ درصد گزارش کردند.

دیواره سلولی

با توجه به جدول ۱ ، افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، موجب کاهش معنی دار هیدرولیز دیواره سلولی و افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۰۰ ثانیه موجب کاهش غلظت آن از ۶/۵۲ به ۵۸/۴۳ درصد شد. متقابلاً با توجه به همین جدول ،

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش هیدرولیز دیواره سلولی با افزایش سطح رطوبت به صورت کاهش افت شستشو و افزایش هیدرولیز دیواره سلولی همراه با افزایش زمان عمل آوری به شکل افزایش درصد افت شستشو در ساعت صفر نمایان گردید. علت کاهش هیدرولیز دیواره سلولی را با افزایش سطح رطوبت می توان به اثر رطوبت بر کاهش انتقال حرارت بخار به دیواره سلولی و بنابراین کاهش هیدرولیز همی سلولز و دپلیمریزه شدن لیگنین نسبت داد. اثر افزایش زمان عمل آوری بر کاهش غلظت دیواره سلولی در هر یک از سطوح مختلف رطوبت ، معنی دار بود($P< ۰/۰۵$) اما در برخی از تیمارها نیز موجب افزایش غلظت آن در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در آزمایشی که توسط کاسترو (۱۹۹۴) بر روی کاه گندم انجام شد ، دیواره سلولی از ۷۹/۴ درصد در نمونه شاهد به ۸۲ درصد در کاه گندم عمل آوری شده افزایش یافت. باقی نژاد و همکاران (۱۳۸۵) ، رضایی و همکاران (۱۳۸۴) و کریمی و همکاران (۱۳۸۵) نیز کاهش معنی دار دیواره سلولی سرشاخه خرما را بر اثر عمل آوری با بخار آب تحت فشار گزارش نمودند. هیدرولیز همی سلولز در سطح وسیع به قندهای محلول که عمدتاً قندهای پنتوزی هستند و نیز هیدرولیز سلولز به قندهای هگزوزی با نرخ آهسته تر به صورت کاهش دیواره سلولی در نمونه های عمل آوری شده نمایان می شود اما در برخی موارد نیز وقوع واکنش های قهوه ای شدن موجب تولید ترکیبات کاراملیزه و محصولات واکنش میلارد[1] می شود. این مواد در روش آنالیز شوینده ها نامحلول هستند و در نتیجه سبب افزایش درصد دیواره سلولی می شوند (۱۲).

دیواره سلولی فاقد همی سلولز

در تحقیق حاضر ، عمل آوری سرشاخه خرما با بخار آب تحت فشار ، بطور معنی داری مقدار دیواره سلولی فاقد همی سلولز را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد ($P< ۰/۰۵$). با توجه به جدول ۱ ، افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، موجب کاهش معنی دار هیدرولیز دیواره سلولی فاقد همی سلولز و بالا بردن زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۶۰ ثانیه ، سبب افزایش معنی دار غلظت دیواره سلولی فاقد همی سلولز شد ($P<۰/۰۵$). در نهایت ، بازتاب اثر متقابل رطوبت و زمان عمل آوری افزایش مقدار دیواره سلولی فاقد همی سلولز را در هر سطح رطوبت همراه با افزایش زمان عمل آوری نشان داد. به نظر می رسد که عکس العمل دیواره سلولی فاقد همی سلولز در مقابل عمل آوری بخار ، بسته به نوع ماده خشبی متفاوت باشد. به عنوان مثال ، زاهدی فر و همکاران (۲۰۰۴) و کرکودی و همکاران (۱۳۸۴) در مورد باگاس نیشکر و لیو و همکاران (۱۹۹۹) در مورد کاه برنج و رضایی و همکاران (۱۳۸۴) در مورد سرشاخه خرمای عمل آوری شده با بخار آب ، کاهش دیواره سلولی فاقد همی سلولز را گزارش دادند. در حالی که کاسترو (۱۹۹۴) و میرغفاری و همکاران (۱۳۸۴) در مورد کاه گندم، اوجی و مووات در مورد کاه ذرت و باقی نژاد و همکاران (۱۳۸۵) در مورد سرشاخه خرمای عمل آوری شده با بخار آب ، افزایش غلظت دیواره سلولی را گزارش کردند. رانگنیکار و همکاران (۱۹۸۲) نیز اثر معنی داری از عمل آوری بخار بر دیواره سلولی فاقد همی سلولز باگاس نیشکر، کاه شلتوک و کاه سورگوم مشاهده ننمودند. هورتون و همکاران (۱۹۹۹) دقیق نبودن روش اندازه گیری دیواره سلولی فاقد همی سلولز را برای مواردی که عمل آوری با بخار صورت می گیرد ، به عنوان علت متفاوت بودن نتایج آن در تحقیقات مختلف دانستند. علاوه بر این، کاهش ماده خشک نیز احتمالاً دلیل دیگری بر افزایش دیواره سلولی فاقد همی سلولز است.

کربوهیدرات های محلول

کربوهیدرات های محلول در آب ، نقش مهمی در تأمین انرژی مورد نیاز میکروارگانیسم های شکمبه دارند و در طی فرایند عمل آوری بخار عمدتاً از هیدرولیز اسیدی همی سلولز تولید می شوند. شرایط عمل آوری بر درجه پلیمریزاسیون کربوهیدرات های محلول در آب (۲۳) و ترکیب شیمیایی آن ها مؤثر است (۱۵). تحقیقات نشان داده

1. Maillared reaction

Archive of SID
www.SID.ir

که به کارگیری زمان عمل آوری طولانی تر، باعث کاهش جدی در میزان قندهای محلول خواهد شد (۵ و ۱۲). در تحقیق حاضر ، عمل آوری سرشاخه خرما با بخار آب تحت فشار موجب افزایش معنی دار غلظت کربوهیدرات های محلول در آب در مقایسه با تیمار شاهد گردید (P<۰/۰۵). بالا بردن سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، به طور معنی داری درصد قندهای محلول را افزایش داد (P< ۰/۰۵). این احتمال وجود دارد که افزایش سطح رطوبت ، اثر حرارت عمل آوری را بر روند تجزیه قندها کاهش داده و در نتیجه ، موجب افزایش ظاهری آن ها شده باشد. افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ تا ۳۶۰ ثانیه ، درصد کربوهیدرات های محلول را به طور معنی داری از ۶/۲۰ به ۷/۲۴ درصد افزایش داد و پس از آن ، طولانی شدن زمان عمل آوری ، موجب کاهش معنی دار درصد کربوهیدرات محلول در آب گردید (P<۰/۰۵). کاهش درصد کربوهیدرات های محلول در آب ، همراه با افزایش شدت عمل آوری می تواند به تبدیل قندها به ترکیبات فرار فورانی در نتیجه تجزیه مونوساکاریدها مربوط گردد (۳۲) . همچنین بخشی از ترکیبات فورانی در شرایط اسیدی و حرارت بالا به ترکیبات شبه لیگنین تبدیل می شوند (۱۲). در نهایت ، اثر متقابل رطوبت و زمان عمل آوری موجب شد تا با افزایش زمان عمل آوری تا یک سطح معین در هر یک از سطوح مختلف رطوبت ، درصد کربوهیدرات های محلول در آب به طور معنی داری افزایش یابد و پس از آن ، تداوم عمل آوری سبب کاهش معنی دار درصد کربوهیدرات های محلول در آب شود(P<۰/۰۵) . اصغرزاده (۱۳۸۴) و لیو و همکاران (۱۹۹۹) به ترتیب در مورد کاه گندم و کاه برنج نتایجی مطابق با تحقیق حاضر را گزارش کردند.

لیگنین

با توجه به جدول ۱ ، عمل آوری سرشاخه خرما با بخار آب تحت فشار ، درصد لیگنین را به طور معنی داری افزایش داد و افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، موجب کاهش معنی دار غلظت لیگنین گردید (P<۰/۰۵). علت این امر را می توان چنین توجیه نمود که تحت شرایط اسیدی و حرارت بالا ، فراورده های حاصل از تجزیه قندها ، به پلیمرهای نامحلول شبه لیگنین تبدیل می شوند (۱۷) که این ترکیبات به مقدار قابل توجهی ، محتوای ظاهری لیگنین را افزایش می دهند. اما با افزایش سطح رطوبت احتمالاً تأثیر حرارت ، کاهش یافته و تولید ترکیبات شبه لیگنین ، کاهش می یابد. همچنین با افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۶۰ ثانیه ، غلظت لیگنین به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. کاهش ماده خشک نیز عامل دیگری بر افزایش غلظت لیگنین است (۱۲). کریمی و همکاران (۱۳۸۵) و باقی نژاد و همکاران (۱۳۸۵) در مورد سرشاخه خرما ، کاسترو (۱۹۹۴) ، بنگالی و همکاران (۲۰۰۴) و زاهدی فر و همکاران (۲۰۰۴) به ترتیب در مورد کاه گندم، سرشاخه نخل روغنی و باگاس نیشکر ، افزایش درصد لیگنین را همراه با شدت یافتن شرایط عمل آوری گزارش دادند. به طور کلی ، دپلیمریزه شدن و توزیع مجدد لیگنین (۳۳ و ۲۶) در داخل دیواره سلولی ، یکی از مهم ترین اثرات عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر دیواره سلولی است. تجزیه لیگنین اساساً به شکسته شدن پیوندهای اتری نسبت داده می شود (۲۲). مطالعات نشان داده که در طی عمل آوری با بخار آب به روش هیدرولیز اسیدی ، پیوندهای اتری شکسته می شوند و واکنش های متراکم شدن لیگنین اتفاق می افتد. اما این حالت در عمل آوری بخار به روش خود هیدرولیز ، شدیدتر است، زیرا پیوندهای لیگنین - لیگنین و لیگنین - کربوهیدرات به شکسته شدن در برابر حرارت ، حساس ترند و در عمل آوری بخار به روش خود هیدرولیز ، درجه حرارت ، بالاتر از عمل آوری بخار به روش هیدرولیز اسیدی است (۳۶).

کل ترکیبات فنلی قابل استخراج

عمل آوری سرشاخه خرما با بخار آب تحت فشار ، موجب اختلاف معنی دار در میزان ترکیبات فنلی قابل استخراج بین تیمار شاهد و نمونه های عمل آوری شده گردید (جدول۱) . همچنین ترکیبات مزبور در تیمارهای ۱۲۰ - ۶۰ و ۱۸۰ - ۶۰ کاهش، اما در دیگر تیمارها افزایش یافت (جدول۲). با توجه به جدول ۱ ، با افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به

Archive of SID
www.SID.ir

۳۶۰ ثانیه ، کل ترکیبات فنلی قابل استخراج به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. افزایش ترکیبات فنلی در طی فرایند عمل آوری بخار اساساً به دپلیمریزه شدن هسته لیگنین ارتباط پیدا می کند(۱۲). این نتیجه در کلیه تحقیقات انجام شده در مورد عمل آوری مواد خشبی با بخار آب مشاهده شده است به عنوان مثال ، کاسترو (۱۹۹۴) در عمل آوری کاه گندم با بخار آب ، افزایش مقدار کل ترکیبات فنلی قابل استخراج را از ۱۸/۶ درصد در تیمار شاهد به ۲۹/۸ درصد در کاه گندم عمل آوری شده در دمای ۱۳۴ درجه سانتی گراد گزارش کرد . زاهدی فر (۱۹۹۶) ، زاهدی فر و همکاران (۲۰۰۴) ، کرکودی و همکاران (۱۳۸۴) و کریمی و همکاران (۱۳۸۵) نیز نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش دادند. در تحقیق حاضر ، افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، موجب کاهش معنی دار ترکیبات فنلی قابل استخراج از ۵/۲۴ به ۳/۲۶ درصد گردید ($P<0/05$) که این موضوع حاکی از کاهش دپلیمریزه شدن لیگنین بر اثر افزایش رطوبت و افت تأثیر حرارت بر پیوندهای تشکیل دهنده لیگنین است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ : مقایسه اثرات اصلی رطوبت و زمان عمل آوری بر ترکیبات شیمیایی، تجزیه پذیری و تخمیرپذیری دیواره سلولی سرشاخه خرما

Table 1. Effects of humidity and reaction time on chemical composition, degradability and fermentability of palm date frond cell wall

48 h *In situ*	24 *GP(ml)*	WL	TEP	ADL	WSS	ADF	NDF	DML	Trait صفت / Factor فاکتور	
41/82± 1/24	**12/84± 0/75**	**23/43± 0/47**	**3/61± 0/05**	**12± 0/30**	**4/58± 0/07**	**46/27± 0/07**	**62/20± 0/20**	——	Control تیمارشاهد	
63/09± 0/92 a	20/15± 0/33 a	32/81± 0/31 a	5/24± 0/12 a	24/31± 0/60 a	6/07± 0/26 b	55/11± 0/55 c	58/85± 0/45 c	11/17± 0/50 b*	30	رطوبت(٪) Humidity (%)
59/27± 1/29 b	20/75± 0/39 a	30/39±0/43 b	4/77± 0/30 b	23/35± 0/60 b	6/65± 0/19 a	55/55± 0/54 cb	60/13± 0/51 b	12/62± 0/46 a	40	
57/94± 1/38 b	20/36± 0/27 a	28/99± 0/47 c	4/29± 0/11 c	22/44± 0/53 c	6/71± 0/26 a	56/31± 0/61 ab	60/72± 0/39 ab	12/01± 0/65 ab	50	
57/10± 1/21 b	20/85± 0/36 a	27/90± 0/41 d	3/26± 0/16 d	21/39± 0/35 d	6/58± 0/21 a	57/07± 0/59 a	61/52± 0/66 a	12/47± 0/57 a	60	
55/74± 1/43 c	19/53± 0/29 b	27/72± 0/69 d	3/79± 0/31 b	20/10± 0/17 e	6/20± 0/19 b	54/15± 0/51 d	62/52± 0/61 a	9/80± 0/51 c	120	زمان عمل آوری (ثانیه) Reaction time(sec) (Sec)
57/70± 1/51 cb	21/36± 0/29 a	29/97± 0/62 c	3/94± 0/25 b	21/77± 0/50 d	7/21± 0/13 a	54/95± 0/49 cd	60/20± 0/49 cb	10/07± 0/32 b	180	
60/06± 1/50 ab	21/31± 0/23 a	30/29± 0/71 cb	4/67± 0/25 a	23/23± 0/48 c	7/24± 0/17 a	56/33± 0/64 c	59/67± 0/70 c	11/96± 0/44 b	240	
61/79± 1/21 a	20/80± 0/28 a	31/30± 0/60 a	4/86± 0/32 a	24/23± 0/47 b	6/40± 0/14 b	55/93± 0/42 cb	58/43± 0/32 d	13/25± 0/46 a	300	
61/47± 1/31 ab	19/65± 0/44 b	30/84± 0/39 ab	4/70± 0/24 c	25/02± 0/43 a	5/46± 0/25 c	58/67± 0/43 a	60/71± 0/31 b	14/27± 0/43 a	360	

DML: Dry matter loss
NDF : Neutral detergent fiber
ADF : Acid detergent fiber
WSS : Water soluble sugare
ADL : Acid detergent lignin
TEP : Total extractable phenolics
WL : Washing loss
24h GP(ml) : *in vitro* gas production after 24h of incubation
48h (in situ) : *in situ* degradability after 48h incubation
*Means with different letters in the same column are significantly different (P<0/05).

DML : کاهش ماده خشک
NDF : دیواره سلولی
ADF : دیواره سلولی فاقد همی سلولز
WSS : کربوهیدراتهای محلول
ADL : لیگنین
TEP : کل ترکیبات فنلی قابل استخراج
WL : افت شستشو در ساعت صفر
24 h (ml) : تولید گاز پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون
48 h (*in situ*) : تجزیه پذیری پس از ٤۸ ساعت انکوباسیون
* میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ - ترکیبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری و تخمیرپذیری تیمارهای آزمایشی

Table 2 . degradability and fermentabiliy of steam treated palm date frond

48 h *In situ*	24 h *GP(ml)*	WL	TEP	ADL	WSS	ADF	NDF	DML	*Trait* صفت / *Factor* فاکتور	رطوبت × زمان
59.74 ± 2.38 abcde	20.36 ± 0.41 abcde	31.27 ± 0.49 bc	4.63 ± 0.13 fg	20.27 ± 0.44 ghi	6.30 ± 0.40 ef	52.80 ± 1.42 a	59.87 ± 1.38 efgh	9.5 ± 0.62 ghi*	120	30
62.16 ± 2.08 abc	21.37 ± 0.33 ab	32.50 ± 0.11 ab	4.98 ± 0.03 def	24.13 ± 0.35 bc	7.10 ± 0.07 bcd	54.80 ± 0.40 abcde	58.87 ± 0.78 ghij	9.83 ± 0.20 fghi	180	
64.67 ± 2.00 a	20.60 ± 0.49 abcde	33.65 ± 0.09 a	5.13 ± 0.04 de	25.20 ± 0.72 ab	6.69 ± 0.09 bcde	54.87 ± 1.31 abcde	57.07 ± 1.09 j	10.57 ± 0.26 efgh	240	
64.50 ± 2.57 a	20.08 ± 0.71 bcdef	34.00 ± 0.85 a	5.85 ± 0.06 ab	25.80 ± 0.30 a	5.78 ± 0.21 fg	55.80 ± 1.06 cdef	58.40 ± 0.23 hij	11.57 ± 0.09 cdefg	300	
64.41 ± 1.57 a	18.36 ± 0.58 f	32.63 ± 0.27 ab	5.61 ± 0.05 abc	26.13 ± 0.47 a	4.47 ± 0.13 h	57.27 ± 0.63 fgh	60.07 ± 0.66 defgh	14.40 ± 0.68 ab	360	
54.99 ± 2.96 cde	19.35 ± 0.56 def	27.73 ± 0.66 ghi	3.26 ± 0.13 lm	20.47 ± 0.07 ghi	6.64 ± 0.09 bcde	54.27 ± 0.24 abcd	63.30 ± 0.17 ab	11.80 ± 0.95 cdef	120	40
56.62 ± 3.03 bcde	22.01 ± 0.92 a	30.87 ± 0.12 cd	3.72 ± 0.08 ijk	21.67 ± 0.47 efg	7.29 ± 0.26 b	53.20 ± 0.72 ab	59.33 ± 0.77 efghi	12.10 ± 0.81 cde	180	
62.06 ± 3.02 abcd	21.77 ± 0.51 a	30.97 ± 1.00 cd	5.54 ± 0.41 bc	23.87 ± 0.66 bcd	7.27 ± 0.22 b	55.33 ± 0.47 bcdef	59.00 ± 0.42 fghij	12.33 ± 1.33 bcde	240	
61.86 ± 1.88 abcd	20.82 ± 0.25 abcd	31.67 ± 0.18 bc	5.99 ± 0.05 a	24.73 ± 1.27 ab	6.58 ± 0.16 cde	56.33 ± 0.13 def	58.13 ± 0.13 hij	13.30 ± 0.06 abcd	300	
60.80 ± 2.56 abcde	19.83 ± 1.06 bcdef	30.73 ± 0.55 cd	5.36 ± 0.03 cd	26.00 ± 0.46 a	5.48 ± 0.20 g	58.60 ± 1.01 ghi	60.90 ± 0.17 cdef	13.57 ± 1.70 abc	360	
53.52 ± 2.02 e	19.46 ± 0.54 cdef	26.23 ± 0.30 ij	4.85 ± 0.23 ef	19.53 ± 0.24 i	6.57 ± 0.17 cde	53.60 ± 0.83 abc	62.47 ± 0.68 bc	8.07 ± 0.35 i	120	50
55.14 ± 3.97 cde	20.92 ± 0.37 abcd	29.03 ± 1.12 efg	4.26 ± 0.10 gh	21.47 ± 0.66 ghf	7.21 ± 0.39 bc	55.27 ± 0.78 bcdef	60.60 ± 0.58 cdefg	11.17 ± 0.44 defg	180	
56.03 ± 1.52 bcde	21.13 ± 0.35 abc	28.75 ± 0.20 fgh	4.60 ± 0.02 fg	22.40 ± 0.11 ef	8.05 ± 0.11 a	55.73 ± 0.70 cdef	59.80 ± 0.83 efgh	11.80 ± 0.06 cdef	240	
62.81 ± 1.83 ab	20.65 ± 0.51 abcde	30.43 ± 0.33 cde	3.96 ± 0.02 hij	23.87 ± 0.48 bcd	6.44 ± 0.24 def	57.40 ± 0.11 fghi	59.80 ± 0.53 efgh	14.40 ± 0.30 ab	300	
62.23 ± 2.23 abc	19.65 ± 0.82 bcdef	30.50 ± 0.42 cde	3.80 ± 0.13 ijk	24.93 ± 0.70 ab	5.30 ± 0.16 g	59.53 ± 0.93 h	60.93 ± 1.11 cde	14.63 ± 0.17 a	360	
54.70 ± 3.90 de	18.95 ± 0.71 ef	25.63 ± 0.44 j	2.43 ± 0.04 n	20.13 ± 0.33 hi	5.31 ± 0.20 g	55.93 ± 0.66 def	64.47 ± 0.27 a	9.83 ± 0.84 fghi	120	60
56.89 ± 2.66 bcde	21.15 ± 0.65 abc	27.47 ± 0.12 hi	2.79 ± 0.19 n	19.80 ± 0.11 i	7.26 ± 0.36 b	56.53 ± 1.09 efg	62.00 ± 0.92 bcd	11.17 ± 0.18 defg	180	
57.49 ± 3.17 abcde	21.76 ± 0.23 a	27.80 ± 0.17 gh	3.42 ± 0.03 kl	21.47 ± 0.24 fgh	6.96 ± 0.25 bcde	59.40 ± 0.53 hi	62.80 ± 0.35 ab	13.13 ± 0.84 abcd	240	
57.99 ± 2.69 abcde	21.65 ± 0.59 a	29.10 ± 0.75 efg	3.64 ± 0.10 jkl	22.53 ± 0.29 def	6.81 ± 0.06 bcde	54.20 ± 0.0 abcd	57.40 ± 0.62 ij	13.73 ± 1.57 abc	300	
58.43 ± 2.71 abcde	20.77 ± 0.82 abcd	29.50 ± 0.57 def	4.05 ± 0.12 bc	23.00 ± 0.30 cde	6.58 ± 0.42 cde	59.27 ± 0.47 hi	60.93 ± 0.37 cde	14.47 ± 0.57 ab	360	

Archive of SID

www.SID.ir

درصد تجزیه پذیری (۴۸ ساعت انکوباسیون)

درصد تجزیه پذیری پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون برای مواد عمل آوری شده، در مقایسه با شاهد ، افزایش معنی داری را نشان داد (P< ۰/۰۵). همان طوری که در جدول ۱ مشاهده می شود ، افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد، تجزیه پذیری را از ۶۳/۰۹ به ۵۷/۱۰ درصد کاهش داد (P<۰/۰۵) و افزایش زمان عمل آوری ، موجب افزایش معنی دار این فراسنجه شد (P<۰/۰۵). اثر متقابل رطوبت و زمان عمل آوری بر درصد تجزیه پذیری تنها در سطح رطوبت ۵۰ درصد معنی دار بود(P<۰/۰۵). میزان تجزیه پذیری به عواملی نظیر کاهش غلظت دیواره سلولی، دپلیمریزه شدن لیگنین و اندازه منافذ قابل دسترس بستگی دارد. در تحقیق حاضر ، ضریب همبستگی این فراسنجه با ترکیبات فنلی قابل استخراج و افت شستشو به ترتیب ۴۴ و ۶۱ درصد محاسبه شد. علاوه بر این ، فرایند بخار سبب ایجاد تغییراتی در ساختار درونی پلی ساکاریدهای دیواره سلولی می شود و آن ها را مستعد تجزیه بیشتر می نماید. باقی نژاد (۱۳۸۵) با افزایش سطح رطوبت از ۳۰ به ۶۰ درصد و نیز افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۶۰ ثانیه ، افزایش درصد تجزیه پذیری را در سرشاخه خرما گزارش کرد. کاسترو و ماکادو (۱۹۹۰) نیز نتایج مشابهی را در مورد باگاس نیشکر گزارش دادند.

تولید گاز (۲۴ ساعت انکوباسیون)

تولید گاز پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون برای نمونه های عمل آوری شده در مقایسه با تیمار شاهد ، به طور معنی داری افزایش یافت (P< ۰/۰۵). اما با افزایش سطح رطوبت از ۳۰ تا ۶۰ درصد ، اثر معنی داری در این فراسنجه مشاهده نگردید (P< ۰/۰۵). افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۳۰۰ ثانیه موجب افزایش معنی دار تولید گاز گردید(P<۰/۰۵) و پس از آن ، ادامه زمان عمل آوری تا ۳۶۰ ثانیه ، تولید گاز را به طور معنی داری کاهش داد. در نهایت ، اثر متقابل رطوبت و زمان عمل آوری موجب شد تا در سطوح رطوبتی ۳۰ و ۴۰ درصد ، افزایش زمان عمل آوری از ۱۲۰ به ۱۸۰ ثانیه و در سطوح رطوبتی ۵۰ و۶۰ درصد از۱۲۰ به ۲۴۰ ثانیه میزان تولید گاز افزایش یابد و پس از آن ، تداوم عمل آوری تا زمان ۳۶۰ ثانیه ، سبب سیر نزولی تولید گاز شود. تولید گاز در ۲۴ ساعت اول شروع تخمیر ، تحت تأثیر کربوهیدرات های محلول و نیز قابلیت زیست فراهمی سلولز و همی سلولز باقی مانده در دیواره سلولی است. همچنین افزایش غلظت ترکیبات فنلی قابل استخراج در نتیجه هیدرولیز لیگنین و نیز افزایش حجم منافذ دیواره سلولی که سطح اتصال میکروبی را با سوبسترا توسعه می دهند در این زمینه مؤثرند. اما همان طور که در نتایج مشاهده شد ، مقدار تولید گاز با افزایش زمان عمل آوری از ۲۴۰ به ۳۶۰ ثانیه کاهش یافت و بیشترین گاز تولیدی مربوط به رطوبت ۴۰ درصد و زمان عمل آوری ۱۸۰ ثانیه بود. این کاهش در تولید گاز را می توان چنین توجیه کرد که طولانی شدن زمان عمل آوری ، سبب افزایش تولید قندهای محلول می شود و قند تولیدی به عنوان ماده مغذی توسط میکروارگانیسم ها استفاده می شود. با توجه به این که کربوهیدرات های محلول در تکنیک تولید گاز تا ۶ ساعت اول پس از شروع تخمیر مورد استفاده میکروب ها قرار می گیرند و پس از آن به اتمام می رسند (۲۹) لذا ادامه تولید گاز ، نشان دهنده استفاده میکروارگانیسم ها از کربوهیدرات های نامحلول دیواره سلولی است. افزایش در شدت عمل آوری ، موجب کاهش همی سلولز باقی مانده و نیز افزایش شاخص بلوری شدن سلولز و مقاومت آن به تجزیه میکروبی می شود. به علاوه ، تشکیل ترکیبات شبه لیگنین که با تشدید فرایند شدت می گیرند ، تولید گاز را کاهش می دهد. لیو و همکاران (۱۹۹۹) افزایش ۲۷ درصدی تولید گاز را نسبت به تیمار شاهد در۲۴ ساعت اول شروع تخمیر گزارش کردند. همچنین در این تحقیق ، افزایش فشار از ۱۵ تا ۱۹ بار و نیز بالابردن زمان عمل آوری از صفر تا ۱۰ دقیقه ، موجب کاهش تولید گاز شد.

نتیجه گیری

یکی از اهداف این طرح که در آن ۲۱ تیمار مورد بررسی قرار گرفت، دستیابی به شرایط مناسب عمل آوری بود. گرچه ترکیبات شیمیایی بر اثر عمل آوری سرشاخه خرما تحت تأثیر قرار گرفت ، اما کسب اطلاع از میزان زیست فراهمی مواد مغذی از طریق آزمایش های

Archive of SID
www.SID.ir

بیولوژیکی امکان پذیر است. این موضوع به خصوص در مورد مواد خوراکی عمل آوری شده با بخار از اهمیت بیشتری برخوردار است. به همین دلیل در انتخاب تیمار برتر ، از آزمایش تولید گاز استفاده شد که در آن اطلاعات تولید شده ، گویای بخش قابل استفاده دیواره سلولی توسط میکروارگانیسم ها است. با توجه به این که بیشترین میزان پتانسیل تولید گاز در ۲۴ ساعت اول شروع تخمیر و نرخ تولید گاز در سطح رطوبت ۴۰ درصد و زمان ۱۸۰ ثانیه بود ، می توان آن را به عنوان تیمار برتر معرفی نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از کلیه پرسنل محترم مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور ، به ویژه جناب آقای دکتر زاهدی فر که در انجام مراحل مختلف این تحقیق زحمات فراوانی را متحمل شدند ، اعلام می داریم.

منابع مورد استفاده

۱. اصغرزاده، ن.، زاهدی فر، م.، فرودی، ف.، منصوری، ه. و کرکودی، ک. ۱۳۸۴. مطالعه اثر سطوح مختلف رطوبت و زمان های عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر ارزش غذایی کاه گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا.

۲. باقی نژاد، م.، منصوری، ه.، فرودی، ف.، زاهدی فر، م. و کرکودی، ک. ۱۳۸۵. مطالعه اثر سطوح مختلف رطوبت و زمان های عمل آوری با بخار آب تحت فشار بر ارزش غذایی سرشاخه خرما. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا.

۳. رضایی، ا.، زاهدی فر.، م. و نوروزیان.، ح. ۱۳۸۴. اثر بخار آب تحت فشار در سطوح مختلف رطوبت و زمان های عمل آوری بر ارزش غذایی سرشاخه خرما. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد کرج.

۴. سالمی، ح.، میرهادی، س. ا.، نوروزیان، ح. و خورشیدیان، ک. ۱۳۷۹. تأثیر استفاده از سرشاخه خرمای غنی شده درخت خرما در جیره های غذایی بزغاله های پرواری استان بوشهر. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۴۷. صفحات ۸۷ - ۷۹ .

۵. کرکودی، ک.، زاهدی فر، م.، میرهادی، س.ا. و مرادی شهر بابک، م. ۱۳۸۴. اثر بخار آب تحت فشار بر خواص فیزیکو - شیمیایی دیواره سلولی باگاس نیشکر. رساله دکتری تخصصی(Ph.D.). دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات.

۶. کریمی، ن.، نیکخواه، ع.، زاهدی فر، م.، فضایلی، ح. و چمنی، م. تأثیر بخار آب تحت فشار بر خواص فیزیکو - شیمیایی دیواره سلولی سرشاخه خرما. ۱۳۸۵. رساله دکتری تخصصی(Ph.D.). دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۷. میرغفاری، س.ص.، افضل زاده، الف.، زاهدی فر، م.، فضائلی، ح.، نوروزیان، ح. و عباسی، ا. ۱۳۸۴. تعیین شرایط مناسب عمل آوری کاه گندم با بخار آب تحت فشار. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان.

8. Baugh, K.D. and P.L. McCarty, 1988. Thermochemical pretreatment of lignocellulose to Enhance Methan Fermentation: 1. Monosaccharide and Furfurals Hydrothermal Decomposition and product formation rates. Biotechnol.Bioeng. 31: 50-61.
9. Bengaly, K., J.B., Liang, Z.A., Jelan, Y.W. Ho, and H.K. Ong. 2004. Optimization of steam treatment as a method to increase *in situ* degradability of Oil Palm (*Elaeis guineesis*) frond in Malaysia. Liv. Res. Rural. Devel. Vol.16. No. 3: 1-8.
10. Castro, F.B. 1994. The use of steam treatment to upgrade lignocellulosic materials for animal Feed. Ph.D. Thesis university of Aberdeen. Aberdeen Scotland. U.K.
11. Castro, F.B., and P.F. Machado. 1990. Feeding value of steam treated sugarcane bagasse in ruminant rations. Liv. Res. Rural Devel. 2 : 1 - 6.
12. Dubois, M., K.A., Gilles, J.K., Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith.1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356

Archive of SID
www.SID.ir

13. Goering , H.K, P.J. and Van Soest. 1970. Forage fibre analyses (apparatus, Reagents, procedures and some Applications). Agric. Handbook. No. 379. ARS- USDA. Washington. DC.
14. Grohmann, K., R. Torget, and M. Himmel. 1985. Optimization of dilute acid pretreatment of biomass. Biotechnol. Bioeng. Symp. 15: 59-80.
15. 16. Hishiyama, S., K-I. Sudo. 1992. Degradation mechanism of lignin by steam-explosion . Mokuzai Gakkaishi. 38: 944-949.
16. Hodge, J.E. 1953. Dehydrated foods chemistry of browing reaction in model systems. Agric. Food Chemistry. 1: 928-942.
17. 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. Can. J. Anim. Sci.71: 79-86.
18. Karina, M., M. Tanahashi, T. Higuchi. 1992. Degradation mechanism of lignin by a steam explosion IV. steam treatment of a dehydrogenative polymer of coniferyl alcohol. Mokuzai: Gakkaishi 32: 159-165.
19. Khazaal, K., A.P.D., Owen, J. Palmer, and P. Harvey. 1993. Treatment of barley straw with ligninase effect on activity and fate of the enzyme shortly affter being added to straw. Anim. Feed Sci. Technol. 41: 15-21.
20. Liu, Jian-Xin., E.R. Ørskov, and X.B. Chen. 1999. Optimization o steam treatment as a method for upgrading rice straw as feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 76 : 345 - 357.
21. Lundquist, K. and R. Lundgren. 1972. Acid degradation of lignin. Acta Chemical Scandinavia. 26: 2005-2023.
22. Matsuzaki, , K. OI - S., T. Tanaka, M., Iizuka, M. Taniguchi, and P. Prasertsan 1994. Effect of steam explosion treatment on enzymatic - hydrolysis of Palm Cake and fibre as solid - Wastes and natural - resources. J. Of Bioengineering. 77 , No. 3. PP. 326 - 328.
23. 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 . An. Res. Develop. Separate Print 28: 7-55.
24. Mehrez , A.Z. and E.R. Ørskov, 1977. The use of Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J. Agric. Sci. Cambridge. 8: 645-650.
25. Michalowicz, G., B. Toussaint, and M.R.Vignon. 1991. Ultrastructural changes in poplar cell wall during steam explosion treatment. Holzforschung. 45: 175 - 179.
26. Morjanoff, P.J. and P.P. Gray. 1987. Optimization of steam explosion as a method for increasing susceptibility of sugarcane bagasse to enzymatic saccharification. Biotechnol. Bioeng 29: 733-741.
27. Oji, U.I. and D.N. Mowat. 1978. Nutritive value of steam – treated corn stover. Can. J. Anim. Sci. 58: 177-181.
28. Ørskov, E.R., W.J., Shand, D., Tedesco and L.A. Morrice. 1990. Rumen degradation of straws. Anim. Prod. 51 : 155 - 162.
29. Rangnekar, D.V., V.C., Badve, S.T., Kharate, B.N. Sobale, and A.L. Joshi. 1982. Effect of high – pressure Steam treatment on chemical composition and digestibility *in vivo* of roughages. Anim. Feed sci. Technol, Vol.7 .No.1: 61-70.
30. Ramos, L. P. 2003. The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. Quim. Nova, Vol. 26, No. 6 : 863 - 871.
31. Tipson, R.S. and D. Horton. 1988. Aqueous, high – temperature transformation of carbohydrates relative to utilization of biomass. Adv. Carbohyd. Chem. Biochem. 46: 273-326.
32. Toussaint, B., G. Excoffier, and M.R.Vignan. 1991. Effect of steam explosion treatment on the physico – chemical characteristics and enzymic hydrolysis of poplar cell wall components. Anim. Feed Sci. Technol. 32: 235-242.
33. Wong, K.K.Y., K.F., Deverell, L.M., Keith, T.A. Clark and L.A. Donaldson. 1988. The relationship between fiber porosity and cellulose digestibility in steam exploded pinus radiata. Biotechnol. Bioeng. 31: 447-456.
34. Zahedifar, M., 1996. Novel uses of lignin and hemicellulosic sugars from acid hydrolyzed lignocellulosic materials. Ph.D Thesis. university of Aberdeen Scotland, U.K.
35. Zahedifar, M., H., Fazaeli, H. Norouzian and A. Abbasi. 2004. Effect of steam pressure and reaction time on chemical composition and bioavalability of sugarcane bagasse to rumen microbes. Proceedings of BSAS Annual Meeting.

Archive of SID

www.SID.ir