نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی
جلد اول، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://ejang.gau.ac.ir

بررسی امکان جایگزینی فرآیند جدید خمیرکاغذ سازی با ارزش افزوده زیاد AVAP به جای فرآیندهای شیمیایی متداول

رحیم یداللهی[۱]، *ایمان اکبرپور[۱]، حسین رسالتی[۲] و منیره ایمانی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [۲]استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲۰

چکیده

امروزه با توجه به نیاز صنعت کاغذسازی به ارتقاء تکنولوژی و خارج شدن از فرآیندهای رایج و از طرف دیگر امکان استفاده بیشتر از تمامی قسمت‌های چوب، فرآیندهای نوظهور و جدیدی معرفی شده‌اند. خمیرسازی با ارزش افزوده راه‌حلی جدید برای دست‌یابی به این اهداف بوده و در آن از لیکور پخت سولفیت در حضور الکل استفاده می‌شود. افزودن الکل موجب افزایش سرعت خمیرسازی همزمان با حفظ مقاومت الیاف سلولزی می‌شود. مواد شیمیایی فرار پخت بازیابی و در فرآیند پخت مجدداً استفاده می‌شوند. از لیگنوسولفونات‌های رسوب داده شده نیز انرژی حاصل و همی‌سلولزهای هیدرولیز شده هم به قند تبدیل می‌شوند. به طوری که طبق برآورد با تخمیر قندها سالانه تا ۸۵/۴۲ میلیون لیتر اتانول زیستی بیشتر از سیستم متداول امروزی به دست خواهد آمد. همچنین از زیست توده‌های باقیمانده از چوب در تولید انرژی استفاده نموده و این در نهایت به خودکفا شدن انرژی سیستم تولید منجر خواهد شد. نتایج تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که فرآیند AVAP در مقایسه با فرآیندهای کرافت و سولفیت متداول دارای مزایای بازده بیشتر (محدوده بازده ۵۸-۴۱٪)، تولید خمیرکاغذ با قابلیت رنگ‌بری بهتر و پالایش پذیری راحت‌تر، هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی کمتر، امکان تولید محصولات جنبی با ارزش افزوده بیشتر (اتانول زیستی و گازهای سنتزی)، مصرف انرژی کمتر و امکان ایجاد یک سیستم

*نویسنده مسئول: iman.akbarpour@gmail.com

بسته می‌باشد. از طرف دیگر سیستم بازیابی لیکور پخت در فرآیندAVAP به علت عدم حضور سدیم ساده‌تر است.

واژه‌های کلیدی: خمیرسازی با ارزش افزوده زیاد، اتانول زیستی، خودکفایی انرژی، تخمیر قند، گازهای سنتزی.

مقدمه

در پالایشـگاه نفت با اسـتفاده از مواد اولیه نامرغوب پس از انجام یک سری مراحل فرآیندی، مواد شیمیایی با ارزش افزوده زیادی تولید می‌شوند. این در حالی است که در پالایش زیستی[1] تولید چندین محصـول همزمان از مواد اولیه ناهمگن می‌تواند کمی متفاوت باشد. تولید خمیر و کاغذ با ظرفیت زیاد سـرمایه‌گذاری زیادی را می‌طلبد و در این ارتباط امروزه فرآیندهایی جدیدی با هزینه سـرمایه گذاری کمتر در حال توسعه می‌باشند (گویال، ۲۰۰۵ و رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷).

کارخانه‌های خمیر و کاغذ آمریکای شمالی تمایل زیادی را به استفاده از انرژی ناکارآمد داشته و در این مورد فرصتی مناسب برای افزایش کارآیی انرژی همراه با هدف گذاری مجدد درکارخانه‌های خمیرکاغذ با استفاده از پالایشگاه زیستی وجود دارد. گزارش‌های اخیر بیانگر آن است که امکان تولید محصولات با ارزش افزوده زیاد از چوب بدون اعمال فشار به جنگل‌ها و هزینه چوب وجود دارد. در حال حاضر در کارخانه‌های خمیر و کاغذ انرژی و خمیرکاغذ تولید می‌شود که در این ارتباط ٦٠٪ مواد خام جهت تولید انرژی هدر می‌رود. بخش عمده همی سلولز موجود در چوب خشک در پایان به بخش بویلر بازیابی ارسال و برای تولید انرژی سوزانده می‌شوند و بخش زیادی از این انرژی، در خود چرخه بازیابی مصرف می‌شود. رتسینا و پیلکانن (۲۰۰۷) با تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که ارزش همی‌سلولز به عنوان اتانول ۳ تا ٤/٥ برابر ارزش آن به‌عنوان انرژی است.

با توجه به بازار و تکنولوژی‌های موجود، بهترین محصولات نهایی از چوب می‌تواند به شرح زیر باشند:

- سلولز جهت تولید خمیروکاغذ.
- همی‌سلولز جهت تولید مواد شیمیایی زیستی و اتانول.
- لیگنین برای تولید انرژی و یا مواد شیمیایی زیستی.
- پوست و پسماند جهت تأمین انرژی در آینده.

1- Biorefinery

به‌طور کلی پالایش زیستی را می‌توان به دو نوع فن‌آوری مبتنی بر هیدرولیز[1] و تبدیل به گاز[2] تقسیم نمود که به‌ترتیب به کارخانه تولید قند و تولید انرژی و حرارت اشاره دارد.

در فن‌آوری هیدرولیز، ترکیبات همی‌سلولز و سلولز از لیگنین جدا شده و پس از شکستن اتصالات گلیکوزیدیک در آنها، به قندهای ساده‌تر تجزیه می‌شوند. در اثر تخمیر و کاهش قندهای حاصل، ترکیبات مختلف الکلی مثل اتانول، بوتانول ساخته شده و این ترکیبات در مرحله تقطیر از سایر فرآورده‌ها مثل استیک اسید، اتن‌ها خالص سازی و جدا می‌شوند. در این فن‌آوری امکان استحصال انرژی ومحصولات جانبی با ارزش به‌ویژه از لیگنین امکان‌پذیر است. عمل هیدرولیز می‌تواند به صورت اسیدی یا آنزیمی انجام شود. استفاد ازآنزیم هنوز به لحاظ اقتصادی برای هیدرولیز مواد خام بسیار مقاوم مثل چوب و ساقه ذرت بررسی نشده است (گویال، ۲۰۰۵ ؛ چامبوست، ۲۰۰۷ وآژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۹).

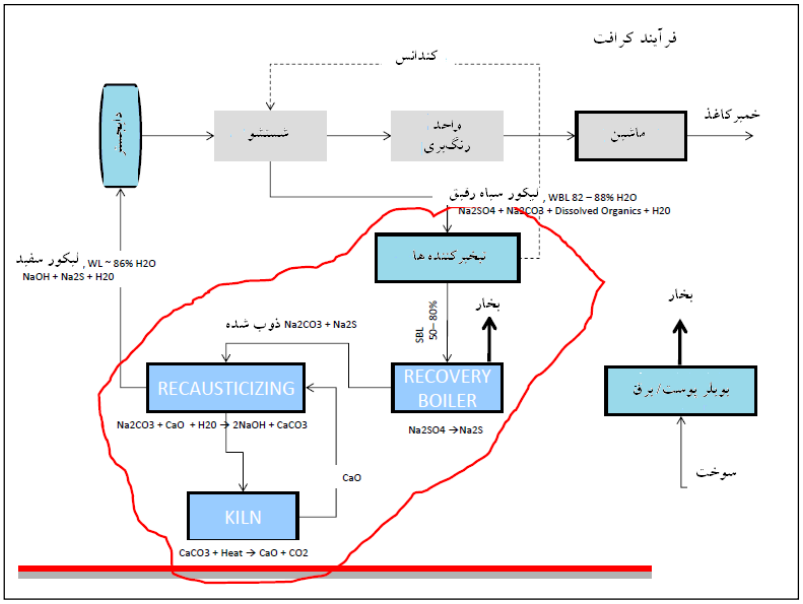
در فن‌آوری گازی کردن، کل چوب یا لیگنین جدا شده به یک مخلوط گازهای سنتزی شامل Co، H_2، CH_4 و CO_2 تبدیل می‌شوند. این گازهای سنتزی، می‌توانند به عنوان سوخت احتراق برای تولید انرژی یا برق یا تولید همزمان اتانول، متانول و دیگر مواد شیمیایی به کار گرفته شوند. بنابراین یکپارچه‌سازی فن‌آوری تولید گاز در کنار یک پالایشگاه زیستی یا کارخانه کاغذسازی می‌تواند بسیار مناسب باشد (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۲ ؛ آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۹ و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۹).

معرفی خمیرسازی با ارزش افزوده در سیستم آمریکایی (AVAP[3]): در این فرآیند خرده‌چوب‌ها در حضور اتانول و دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، به‌مدت ۲ الی ۳ ساعت در دمای ۱۴۹ درجه سانتی‌گراد به خمیر کاغذ تبدیل می‌شوند. درجه حرارت پخت و مدت زمان و سایر شرایط فرآیندی متناسب با ویژگی‌های خمیر کاغذ مورد نظر و بازده محصولات جانبی متفاوت می‌باشد. این فرآیند در pH پایین و بدون حضور سدیم می‌باشد. خمیرسازی در محلول آبی اتانول نفوذ لیکور به داخل چوب را بدون نگرانی از ایجاد واکنش کندانس شدن آسان می‌سازد، این در حالی است که بخشی از لیگنین و همی سلولز به سرعت به کمک اسیدها (دی اکسید گوگرد محلول در آب)، به‌صورت محلول در می‌آیند. همی سلولزهای موجود در لیکور تحت تیمار ثانویه در راکتور AVAP قرار گرفته تا از هیدرولیز آنها به مونومرهای قندی اطمینان حاصل شود.

1- Hydrolysis
2- Gasification
3- American Value Added Pulping

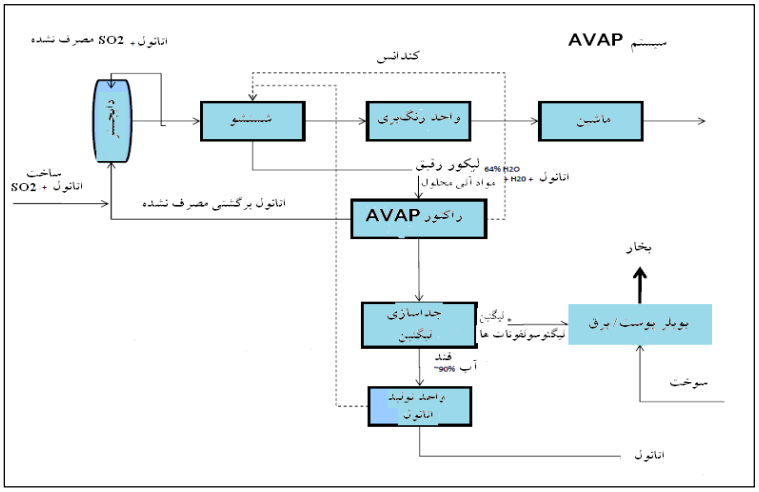
با خنثی‌سازی لیکور پخت، لیگنین رسوب داده و قندهای قابل تخمیر را تغلیظ کرده و با تخمیر، تقطیر و آب‌زدایی به اتانول تبدیل می‌شوند. مطابق با گزارش منتشر شده، قابلیت رنگ‌بری خمیرکاغذ به‌دست آمده از فرآیند AVAP آسان می‌باشد. این فرآیند بدون نیاز به چرخه بازیابی هیدروکسید سدیم بوده و اتانول و متانول نیز به علت فرار بودن، به آسانی بازیابی می‌شوند. بازده تولید اتانول این فرآیند ۳۶ گالون (حدود۱۳۶ لیتر) اتانول به ازای ۰/٤ تن خمیرکاغذ می‌باشد (رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷ و استراوس، ۲۰۰۹).

مزایا و معایب فرآیند AVAP: بر اساس نتایج به دست آمده، از مهم‌ترین مزایای فرآیند AVAP می‌توان به موارد تفکیک سریع در محیط اسیدی، هیدرولیز تقریباً کامل همی‌سلولزها، چرخه ساده و بازیابی مؤثر مواد شیمیایی (شکل ۱)، انعطاف پذیری بیشتر در تولید خمیرکاغذ و اتانول، مسیر ساده‌تر جریان مواد و هزینه سرمایه‌گذاری کم اشاره کرد. در شکل‌های ۱ و ۲ چرخه بازیابی مواد در فرآیند کرافت و سیستم AVAP نشان داده است.



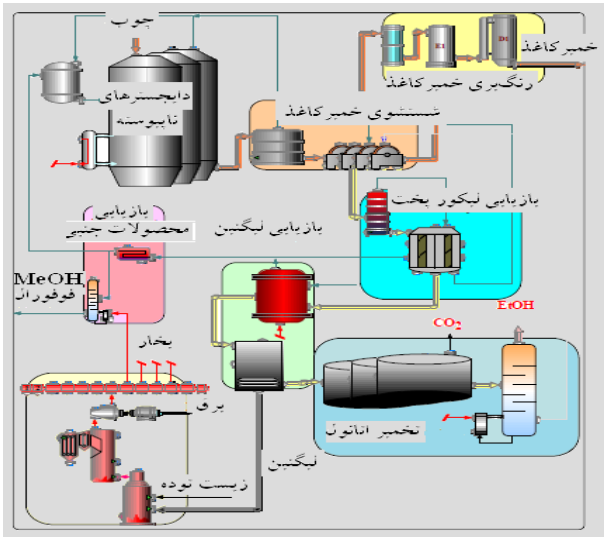
شکل ۱- چرخه بازیابی مواد در فرآیند کرافت (رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷).

Na_2So_4: سولفات سدیم، Dissolved organics: مواد جامد محلول، Na_2S: سولفید سدیم، NaOH: هیدروکسید سدیم، Na_2Co_3 : کربنات سدیم، WBL: لیکور سیاه رقیق، $CaCo_3$: کربنات کلسیم، Heat: حرارت، CaO: اکسید کلسیم، H_2O: آب.



شکل ۲- چرخه بازیابی مواد در فرآیند AVAP (رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷).

با توجه به این که فرآیند AVAP در غیاب سدیم انجام می‌شود، لذا چرخه بازیابی کرافت حذف و امکان ایجاد یک چرخه بازیابی ساده‌تری را میسر می‌سازد. انرژی چرخه بازیابی تا حد زیادی به وسیله استفاده از بخار فشرده در تجهیزات فرآیند تامین می‌شود. در حال حاضر مکانیزم نامشخص شیمی فرآیند به‌عنوان عیب عمده فرآیند AVAP یاد شده است. نمونه‌ای از فرآیند AVAP در شکل ۳ نشان داده شده است (بتون و همکاران، ۲۰۱۰؛ EPA، ۲۰۱۰؛ رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷).



شکل ۳- فرآیند خمیرسازی با ارزش افزوده آمریکایی (فرآیندAVAP)

مقایسه خمیرکاغذ کرافت متداول با فرآیند AVAP: براساس تحقیق انجام شده در ایالت جرجیا آمریکا، از خرده‌چوب‌های سوزنی برگ تحت شرایط ۵۰٪ محلول آبی اتانول، دمای پخت ^{o}C ۱۵۰–۱۲۵، زمان پخت ۶۰–۵ دقیقه و مقادیر متغیر از SO_2 در لیکور پخت خمیرکاغذ کرافت تهیه شد. نتایج حاصل نشان داد که بازده خمیرکاغذ قهوه‌ای تولید شده در محدوده بازده ۵۸–۴۱٪ و عدد کاپا ۸۰–۷ بوده و با دو مرحله رنگ‌بری می‌توان به درجه روشنی بیش از ۹۲/۶ درصد ISO رسید. مقدار آلفا سلولز حدود ۹۲٪ در خمیرکاغذ گزارش شد. مقایسه خمیرکاغذ تولیدی از فرآیند AVAP با خمیرکاغذسازی متداول کرافت نشان داد که بازده و کیفیت خمیرکاغذ برابر و یا بیشتر از فرآیندهای حاضر بوده است. همچنین این تحقیق بیانگر آن بوده که خمیرکاغذ AVAP دارای همی‌سلولزهای کم اما در عین حال راحت‌تر از خمیرکاغذ کرافت پالایش و رنگ‌بری می‌شود. همچنین با حفظ خوب سلولز، این خمیرکاغذ دارای مقدار بیشتری آلفا سلولز بوده و بازده ای در محدوده خمیرکاغذ سولفیت را نشان داد (هینینگن[1]، ۲۰۰۵ و بتونی و همکاران، ۲۰۱۰).

مقایسه خمیرکاغذ سولفیت متداول با فرآیند AVAP: در قرن گذشته خمیرسازی به روش سولفیت چندین بار با معرفی مواد قلیایی محلول و بازیابی بهینه مواد شیمیایی احیا شده است. در حال حاضر خمیرسازی سولفیت از گونه‌های انتخابی و مشخص در مقیاس تولیدی کوچک[2] از کارخانه‌های کرافت که خمیرکاغذ خوب از اکثر درختان تولید می‌کنند، به سرعت بازمانده است. بازسازی خمیرسازی سولفیت در قرن ۲۱ مطابق با موارد فوق الذکر ممکن است یک رویکرد جدید به تنهایی و یا در ترکیب با دیگر فرآیندها مطرح باشد. بسیاری از جنبه‌های این فرآیند به سرعت در بخش تحقیقات و توسعه پالایش زیستی توسعه یافته است. فرآیند AVAP از این جنبه موارد ذیل را ارائه می‌دهد، تولید همزمان اتانول و خمیرکاغذ از مواد اولیه خام متداول، تولید خمیرکاغذ با پالایش پذیری و رنگ‌بری آسان، مصرف انرژی فرآیندی کم همزمان با تولید پیوسته خمیرکاغذ و اتانول، قابلیت استفاده از خرده چوب‌های سوزنی‌برگان و پهن‌برگان سبز، بازیابی محصولات جانبی سبز[3] به‌عنوان محصولات با ارزش افزوده، ایجاد فرآیند بسته و خروج یا انتشار مایع و بخار از یک نقطه، هزینه سرمایه گذاری کمتر محوطه سبز در مقایسه با سولفیت تنها و حتی کرافت، هزینه کم اپراتور، انعطاف‌پذیری بیشتر در گاز سنتزی در

1- Heiningen
2- Small scale
3- Clean byproduct

تولید اتانول و مواد شیمیایی بیشتر از آن. از خمیرکاغذ تولیدی با فرآیند AVAP می‌توان برای ساخت کاغذ تیشو، خمیرکاغذهای حل شونده، خمیرکاغذ فلاف و همچنین بخشی از ترکیب اصلی خمیرکاغذهای مصرفی در ساخت کاغذ چاپ و تحریر استفاده نمود (رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷ و استراوس، ۲۰۰۹).

خطرات احتمالی مربوط به فرآیند AVAP : امروزه برای یافتن نقاط ضعف و خطرات احتمالی فرآیند AVAP شیوه‌های مهندسی خوبی به کار گرفته شده تا بتوانند با طراحی جدید در فرآیند این خطرات را به حداقل ممکن برسانند. خطرات فرآیند AVAP بیشتر مرتبط با اتانول چه به عنوان یک عامل پخت و یا چه به عنوان یک محصول می باشد. روش‌های عملیاتی و مهندسی باید، شیوه‌های بی‌خطر را تقویت کند مشابه با زمانی که مواد شیمیایی قابل اشتعال و اطمینان از افت کم اتانول را مدیریت و کنترل می‌کنند. مهندسی در یک سیستم بسته و جداسازی انتخابی بعضی اجزا، چرخش مجدد مواد، میزان هدر رفت و افت ترکیبات را کاهش و موجب افزایش بازده محصول می‌شود. در این فرآیند پیشنهاد شده نیازمندی‌های کاری در مقایسه با یک مجموعه کارخانه کرافت سنتی همراه با تولید اتانول، با توجه به تعداد عملیات کمتر درون واحدی کمتر می باشد. با این حال نیروی کار باتجربه و ماهر برای موفقیت هر نوع فرآیند صنعتی ضروری است (رتسینا و پیلکانن، ۲۰۰۷ و استراوس، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

امروزه فن‌آوری‌های نو ظهور زیادی معرفی شده‌اند که می‌توانند در کارخانه‌های خمیرکاغذ متداول و سوق دادن آنها به سمت پالایش زیستی استفاده شوند. یکی از این فن‌آوری‌های نوظهور سیستم خمیرکاغذ سازی با ارزش افزوده AVAP بوده که در سیستم‌های صنعتی آمریکا با موفقیت اجرا شده است. مهم نیست که چه فن‌آوری و یا ترکیبی از آنها انتخاب شده است، واقعیت امر آن است کارخانه‌های خمیرکاغذ با این حقیقت مواجه شوند که با جهش تکنولوژی و خروج از شیوه‌های سنتی، باید سیستم تولیدی خود را بهبود بخشند تا از تمام قسمت‌های چوب با بازده بیشتر استفاده کنند. براساس گزارش‌های منتشر شده از تحقیقات به عمل آمده در آمریکا، فرآیند AVAP در مقایسه با فرآیندهای کرافت و سولفیت متداول دارای مزایای بازده بیشتر، تولید خمیرکاغذ با قابلیت رنگ‌بری بهتر و پالایش پذیری راحت‌تر، هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی کمتر، امکان تولید محصولات جنبی با

ارزش افزوده بیشتر، مصرف انرژی کمتر و امکان ایجاد یک سیستم بسته می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت قابل توجه خمیرکاغذسازی با ارزش افزوده زیاد و میزان هدر رفت کم، این فرآیند می‌تواند به عنوان یک فرآیند جدید در بسیاری از واحدهای صنعتی مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

رهیافت‌های ترویجی

این پژوهش با هدف معرفی یکی از فرآیندهای نوظهور در زمینه خمیرکاغذسازی شیمیایی و امکان جایگزینی آن به جای سیستم‌های متداول موجود مثل کرافت، سولفیت و غیره انجام شد. با معرفی طرح فرآیندی AVAP که به‌عنوان یک فرآیند نوظهور خمیرسازی با ارزش افزوده زیاد در واحدهای صنعتی آمریکا اجرا شده، امکان تبدیل و سوق دادن واحدهای خمیر کاغذسازی غیر اقتصادی را به سمت فرآیندهای مبتنی بر پالایش زیستی فراهم نموده است. به‌طوری‌که این طرح با داشتن پتانسیل بالقوه تجاری زیاد و تولید خمیرکاغذ با کیفیت مرغوب می‌تواند صدها میلیون دلار صرفه جویی در هزینه بویلر بازیابی درآینده ایجاد نماید. از مهم‌ترین مزایای این فرآیند نوظهور می‌توان به هدر رفت کمتر مواد چوبی و بازده بیشتر محصول تولیدی در مقایسه با خمیرکاغذ کرافت و سولفیت متداول، تولید محصولات با ارزش افزوده بیشتر، هزینه عملیاتی و سرمایه‌گذاری کمتر و مصرف انرژی کمتر است. در چنین فرآیندی پیوستگی فرآیند تولید با بخش بازیابی مواد شیمیایی، به‌عنوان یک استراتژیک مهم در کاهش هزینه کلی سیستم تولیدی بوده به‌طوری‌که عمل‌آوری اتانول همراه با خمیرسازی رخ داده و بدون کاهش بازده محصولات، می‌توان حرارت و مواد شیمیایی ورودی را هم بازیابی نمود. میزان انعطاف‌پذیری بیشتر در بازده محصولات تولیدی می‌تواند فراهم کننده یک ثبات مالی در شرایط فعلی بازار باشد به طوری اگر جنبه‌های اقتصادی فرآیند مطلوب باشد، امکان تولید مواد شیمیایی و سوخت‌های زیستی قابل توجهی وجود دارد.

منابع

1. Bethone, G., Cochran, M., and Hughes, G. 2010. Benchmarking the price of fuel ethanol in Australia. Report to Australian competition and consumer commission. Energy Quest Pty Ltd, 37p.
2. Chambost, V., Eamer, R., and Stuart, P.R. 2007. Systematic methodology for identifying promising forest bio refinery products. Pulp & Paper Canadian Journal. 30(108):30-35.

3. Environmental Protection Agency. 2002. Profile of the pulp and paper industry, 2nd Edition. EPA office of compliance sector notebook project. U.S. Environmental protection agency, EPA/310-R-02-002, http://www.epa.gov/ compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/pulppasnp.
4. Environmental Protection Agency. 2009. Technical support document for the pulp and paper sector, proposed rule for mandatory reporting of greenhouse gases. Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/climatechange/ emissions/ archived/ghg-tsd.html.
5. Environmental Protection Agency. 2010. Available and emerging technologies for the control of greenhouse gas emissions from the pulp and paper manufacturing industry. Office of Air and Radiation, U.S. Environmental protection agency, research triangle park, North Carolina. 27711, 62p.
6. Goyal, G.C. 2005. Biorefinery–an overview. International paper loveland presentation, OH, USA. 39p.
7. Heiningen, A.V. 2005. Converting a kraft pulp mill into an integrated forest products bio refinery. Technical association of the pulp and paper industry of southern Africa (TAPPSA). 11p.
8. Retsina, T., and Pylkkanen, V. 2007. AVAP™, a novel bio refinery concept. TAPPI Web exclusives. 4p.
9. Strauss, W. 2009. Comparing the value added from pulp and paper manufacturing with that of pellet manufacturing in the state of Maine: The future of Maine's forest products sector requires thorough strategic planning. Maine Pellet Fuels Association. 4p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 1 (2), 2013
http://ejang.gau.ac.ir

Investigation on Possibility of Replacing an Emerging Technology of AVAP as High Value-Added Pulping for Traditional Chemical Processes

R. Yadollahi[1],[*] I. Akbarpour[1*], H. Resalati[2] and M. Imani[3]
[1]PhD Student of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2] Full Professor of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3] MSc graduated of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 2013/04/18; Accepted: 2013/10/12

Abstract

Nowadays with regard to the need of upgrading the paper mill technology and give up the traditional processes and on the other hand, the possibility of using all wood parts, emerging technologies have been introduced. American Value Added Pulping (AVAP) is as new alternative to achieve these aims and sulfite cooking liquor is used in presence of alcohol. Addition of alcohol accelerates the pulping speed, while preserving the cellulose strength. Volatile cooking chemicals are stripped and reused in the cooking process. Energy can be obtained from precipitated lignosulfonates and hydrolyzed hemicelluloses converted to sugar. So that, up to 85.42 million litre of bioethanol are produced annually from sugar fermentation even more than the conventional system according to estimate done. Also, energy is obtained from residual biomass and this will finally results in a energy self-sufficiency in production process. The results indicate that AVAP process plan have several benefits such as high yield (at a range of 41-58%), producing the pulp with improved bleachability and better refineability, lower operation and capital costs, the possibility of producing the more value-added byproducts (bioethanol and synthetic gases) lower energy consumption and the feasibility of planning a closed system as compared to traditional kraft and sulphite pulps. On the other hand, recovery system of cooking liquour is simpler and easier in AVAP because of the absence of sodium components.

***Keywords*:** High value-added pulping, Bioethanol, Energy self-sufficiency, Sugar fermentation, Synthetic gases.

*Corresponding author; iman.akbarpour@gmail.com