# تولید زیست سوخت ( Biooil ) از باگاس نیشکر بوسیله فرآیند پیرولیز

سعید عچرش زاده
*شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی*
*کشت و صنعت میرزا کوچک خان*
*ACHRSH @ yahoo.Com*

نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

## چکیده

**با توجه به نیاز روز افزون بشر به منابع انرژی و محدود بودن این منابع تلاش های فراوانی در جهت دستیابی به منابع انرژی جدید و نیز استفاده از منابع موجود بطور بهینه صورت می پذیرد و با پیشرفتهای که در زمینه تکنیک های بازیافت مواد کسب گردیده افق امید بخشی در این راستا پیشرو می باشد.**

**باگاس یکی از محصولات صنایع تولید قند می باشد که پس از خرد کردن و عصاره گیری از گیاه نیشکر حاصل می گردد، این ماده در صنایع جانبی جهت تولید محصولات مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. در مقاله حاضر سعی گردیده که گستره ای از کاربرد باگاس به عنوان یک ماده زیست توده (Biomass) جهت تولید زیست سوخت (Biooil) با استفاده از فرآیند های پیرولیز مورد بررسی قرار گیرد. این ماده بعنوان یک سوخت پاک و جایگزینی برای سوخت های فسیلی در مصارف تولید گرما و الکتریسیته مورد استفاده قرار می گیرد.**

**کلمات کلیدی:** بازیافت ، صنایع تولید قند ، باگاس نیشکر

## مقدمه

باتوجه به نیاز روز افزون بشر به منابع انرژی و سوخت و نیز محدودیت استفاده از سوختهای فسیلی نیاز به بازیافت و استفاده بهینه از منابع دیگر انرژی روز به روز مورد توجه بیشتر قرار گرفته و در این راستا از مواد و تکنیکهای مختلف استفاده می گردد.

از منابع تجدید پذیری که مدت مدیدیست مورد توجه بشر قرار گرفته زیست توده( Biomass ) می باشد که با استفاده از تکنیکهای مختلف بدست آمده می توان از این مواد محصولات گوناگونی تولید نمود. بیومس توده ای از موادآلی می باشد که می توان بطور مثال باگاس - ریزه های چوب، پوشال و مواد آلی دیگر را بعنوان بیومس استفاده نمود. از مصارف عمده بیومس استفاده از آن در تولید بیوگاز می باشد که بعنوان سوخت گازی مورد استفاده قرار می گیرد همچنین با پیشرفتهای جدیدی که در دانش بیوتکنولوژی حاصل گردیده می توان از بیومس مواد گوناگونی جهت مصارف پزشکی، صنعتی و غذایی تولید نمود.

از موادی که می توان بطور گسترده ای بعنوان بیومس مورد استفاده قرارداد باگاس نیشکر می باشد این ماده در طول فرآیند آسیاب پس از خرد کردن و عصاره گیری از گیاه نیشکر بدست می آید که حاوی فیبر، مواد سلولزی، مواد آلی و مقداری رطوبت با درصدهای مختلف می باشد.

زیست سوخت (Biooil) ماده ای است که با استفاده از فرآیندهای شیمیای پیرولیز از موادی که بعنوان بیومس مورد استفاده قرار می گیرند بدست می آید و با توجه به فراوانی و قابلیت دسترسی به باگاس نیشکر و بکارگیری تکنیکهای بدست آمده در فرآیندهای باز یافت مواد، از این ماده می توان به آسانی و به طور گسترده جهت تولید بیواویل استفاده نمود.

## فرآیند پیرولیز

فرآیند پیرولیز یا تجزیه شیمیایی به وسیله حرارت بطور کلی فرآیندی است که طی آن مواد اولیه در دمای بالا تجزیه گردیده و بصورت مواد و ترکیبات گازی، مایع و جامد تشکیل می شوند که با ایجاد تغیرات در شرایط واکنش کیفیت و مقادیر مختلفی از این مواد حاصل می گردد. روشهای مختلفی جهت تبدیل بیومس به بیواویل وبیوگاز وجود دارد که از این روشها می توان به فرآیند تولید گاز از مواد بیومس اشاره نمود مانند تولید گاز متان و نیز تولید موادی همچون اتانول و غیره.

برای تولید بیواویل از بیومس روش های مختلف از فرآیند پیرولیز استفاده می گردد که می توان به فرآیند پیرولیز تحت خلاء و فرآیند پیرولیز سریع اشاره نمود.

## فرآیند پیرولیز تحت خلاء

در این روش مواد وارد یک راکتور مجهز به صفحاتی با دمای ۴۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد وارد گردیده و در اثر حرارت بالا و فشار پایین مواد آلی همچون باگاس تجزیه شده و بخاری از مولکولهای کمپلکس تولید می گردد. با استفاده از پمپ خلاء مواد حاصل به سرعت از راکتور تخلیه می گردند و پس از کندانس شدن به ترکیب سوخت مایع یا همان بیواویل تبدیل می شوند و پس از تصفیه بعنوان بیواویل مورد استفاده قرار می

گیرند. سوخت مورد استفاده جهت ایجاد حرارت و تغذیه مشعلها ازگازهای غیرقابل کندانس تولید شده در فرآیند تأمین می گرددکه با تزریق این گازها به مشعل های سیستم حرارت مورد نیاز انجام واکنش در راکتور تولید شده و جهت ادامه فرآیند نیاز به استفاده از سوخت های دیگر نمی باشد. زغال حاصل از مواد آلی تجزیه شده نیز پس از سردشدن از راکتور خارج می گردد. از این زغال آلی می توان در مصارف مختلف بجای زغال معدنی و همچنین در کاربردهای زغال بعنوان فیلتر و نیز بجای کربن فعال استفاده نمود. در این نوع فرآیند مواد در غیاب اکسیژن هوا و درون راکتور در شرایط محدوده دمای بین ۴۵۰ تا۵۰۰ درجه سانتیگراد و فشار بین ۱۵ تا ۲۰ کیلو پاسکال به موادی همچون سوخت مایع و زغال تبدیل می گردند.

**درصد بازده مواد حاصل از پیرولیز تحت خلاء باگاس نیشکر شامل**

| | |
|---|---|
| ترکیبات آلی | ٪۳۱ |
| آب | ٪۲۰/۳ |
| گاز | ٪۲۲ |
| زغال | ٪۲۵/۶ |
| اتلاف | ٪۱/۱ |

## فرآیند پیرولیز سریع

در این روش ویژه از پیرولیز مواد خام اولیه مانند باگاس نیشکر ابتدا بـه انـدازه کـافی خـرد و ریـز گردیـده و سپس جهت تغذیه فرآیند به راکتور ترمولیز که مجهز به بستری از مواد بی اثر مانند شن می باشد انتقال مـی یابند. در اثر دمای بالا مواد خـام اولیـه تجزیـه گردیـده و ذرات ذغـال پـس از جداسـازی بـه بیـرون جریـان می یابند و ترکیبات گازی معلق و بخار حاصل به سرعت از راکتور خارج شده و کندانس مـی شـوند تـا بـازده ماده بیواویل حاصل افزایش یابد. برای بدست آوردن حداکثر بـازده مـواد مـایع حاصـل مـی بایـست واکـنش ترمولیز در یک پریود زمانی کوتاه و در محدوده دمایی ۴۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد قرار گیـرد و محـصولات حاصل سریعاً مهار و سرد شوند تا از کراکینگ محصول بیواویل تولید شده جلوگیری گردد.

تمامی مراحل پیرولیز سریع می بایست با دقت و کنترل شده انجام پذیرد تا بازده ترکیبات مایع ازبازده مواد جامد و گازی بیشتر باشد که در این راستا مرحله حرارت دادن سریع مواد خام اولیه در غیاب اکسیژن هوا نقش کلیدی را ایفا می کند.

از موارد دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد کاهش رطوبت باگاس نیشکر به مقدار کمتر از ٪۱۰ می باشـد که این کار باعث به حدأقل رساندن میزان آب موجود در بیواویل می شود. همچنین خرد و ریـز کـردن مـواد خام اولیه جهت سرعت بخشیدن به فرآیند و در نتیجه بالا رفتن کیفیت بیواویل تأثیر فراوانی دارد.

مقدار خاکستر ( Ash ) موجود در باگاس نیشکر تأثیر فراوانی در بازده محصولات حاصل از پیرولیز دارد. برای مثال درباگاس نیشکری که حاوی مقدار خاکستر بیش از ٪۱۳ می باشد بازده حاصل شامل:

٪۶۲ بیواویل و ٪۲۶ زغال و ٪۱۲ گازهای غیر قابل کندانس می باشد

**درصد بازده مواد حاصل ازپیرولیز سریع شامل**

| | |
|---|---|
| بیواویل | ٪۷۰ ~ ٪۵۵ |
| زغال | ٪۲۵ ~ ٪۱۵ |
| گازهای غیرقابل کندانس | ٪۲۰ ~ ٪۱۰ |

## شرح فرآیند تولید بیواویل

ماده خام اولیه پس از آماده شدن بوسیله یک نقاله تغذیه کننده به مخزن ذخیره انتقال می یابد. در زیر این مخزن مسیر خروجی مجهز به دو عدد ولو ( knife - gat) می باشدکه مقدارخوراک را کنترل می نمایند زیرا مقدارخوراک ورودی میبایست کنترل گردد و به مقدار ثابت وارد راکتور شود. سپس خوراک وارد یک جعبه تغذیه کننده شده و بوسیله یک نقاله حلزونی بطور منظم وارد راکتور می شود.

حرات مورد نیاز در راکتور بوسیله مشعل هایی که با سوخت گازی کار می کنند تأمین می شود. این حرارت به طور مسقیم بروی ژاکتی که اطراف راکتور را فرا گرفته انتقال یافته ودمای حاصل بطور غیر مستقیم به بستر شنی درون راکتور انتقال می یابد.

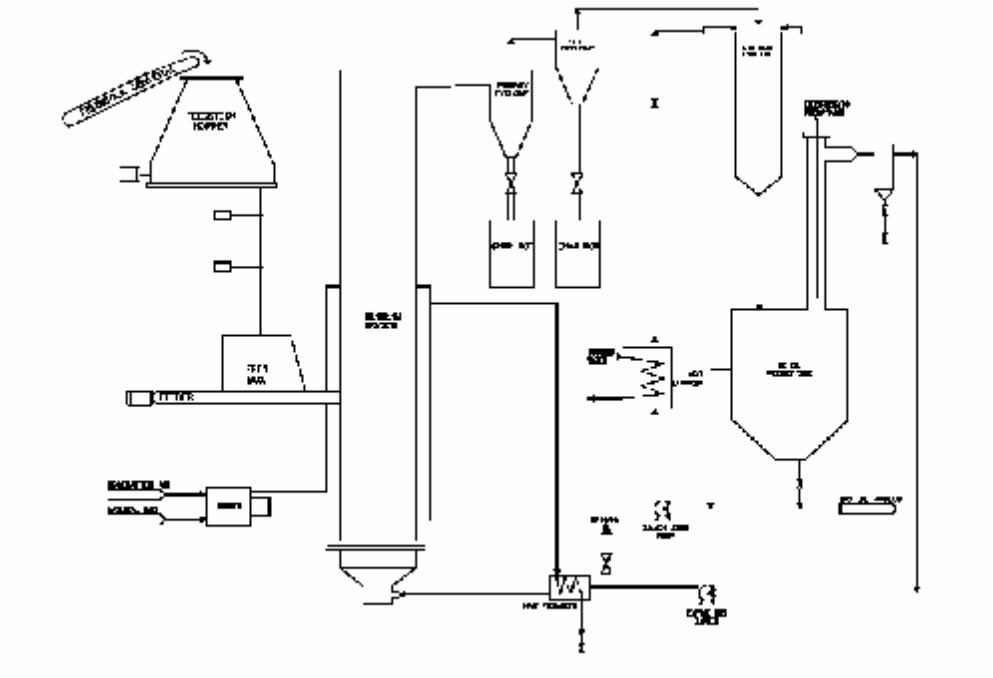
گاز گرم خروجی در اطراف ژاکت از میان یک مبدل حرارتی ( گاز-گاز ) عبور کرده و باعث پیش گرم شدن گازهای غیرقابل کندانس برگشتی حاصل از فرآیند پیرولیز، قبل از تزریق به مشعلها می شوند.

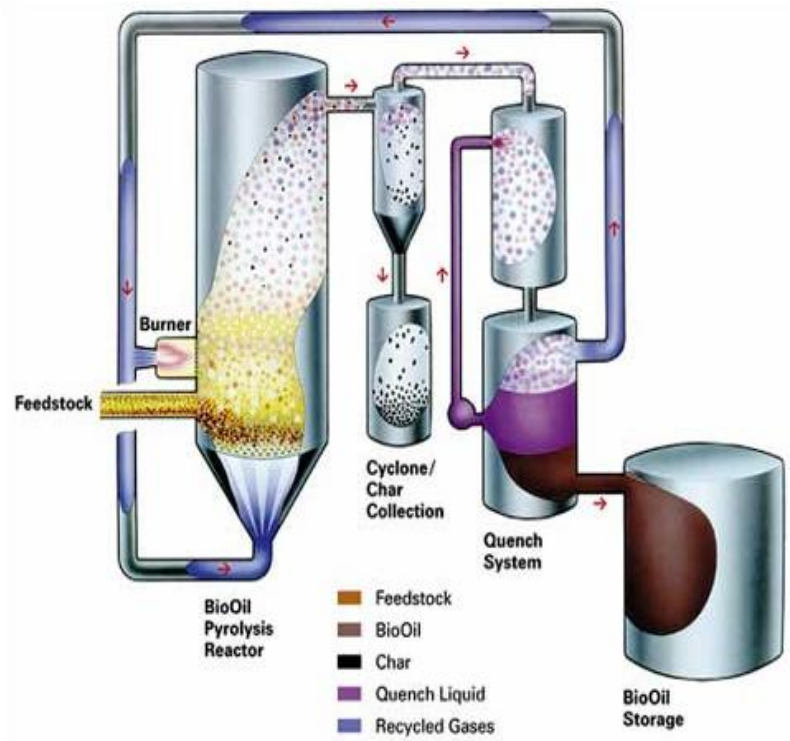
خوراک ورودی به راکتور در غیاب اکسیژن و بوسیله بستر شنی تا دمای بیش از ۴۵۰ سانتیگراد گرم می گردد و پس از تجزیه شدن به ترکیباتی از زغال جامد، گاز، بخار و ذرات معلق تبدیل می شود. گاز های خروجی حاصل از فرآیند پیرولیز در راکتور پس از عبور از دو دستگاه سیکلون، ذرات زغال جامد از گاز جداسازی شده و در مخازن تعبیه شده در زیر سیکلون ها جمع آوری می شوند.

ترکیب گاز تمیز، بخار و ذرات معلق خروجی وارد سیستم خنک کننده میشوند و بوسیله جریان برگشتی سرد شده، تا دمای کمتراز ۵۰ درجه سانتیگراد خنک می شوند و پس از کندانس شدن ترکیب سوخت مایع بیواویل را تشکیل داده و به مخزن ذخیره محصول انتقال می یابند. قسمتی از محصول بدست آمده پس از عبور از یک مبدل حرارتی سرد شده و توسط یک پمپ به سیستم خنک کننده پمپ می شود و باعث سرد شدن ترکیب گاز ورودی وکندانس آن می شود.

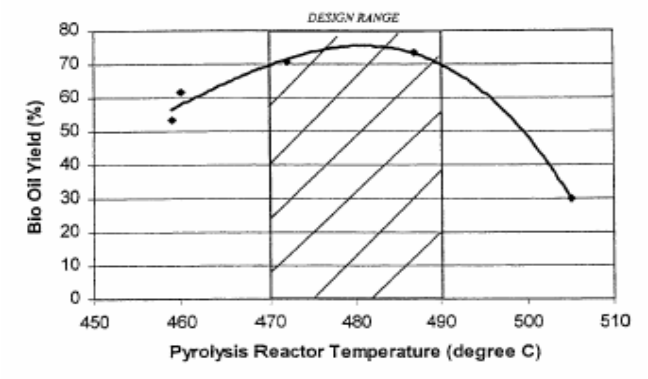
گازهای غیر قابل کندانس و ذرات معلق از یک سیستم رسوب گیر الکترواستاتیکی عبور کرده و پس از جدا شدن ذرات معلق، گازهای غیر قابل کندانس پیش گرم شده و جهت تولید حرارت مورد نیاز سیستم به مشعلها تزریق می گردند.

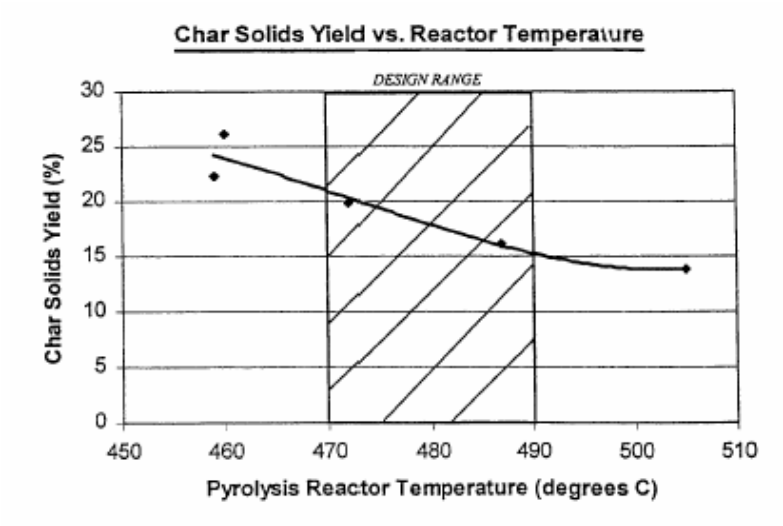
**شکل زیر فلودیاگرام مربوط به فرآیند پیرولیز سریع را نشان می دهد**

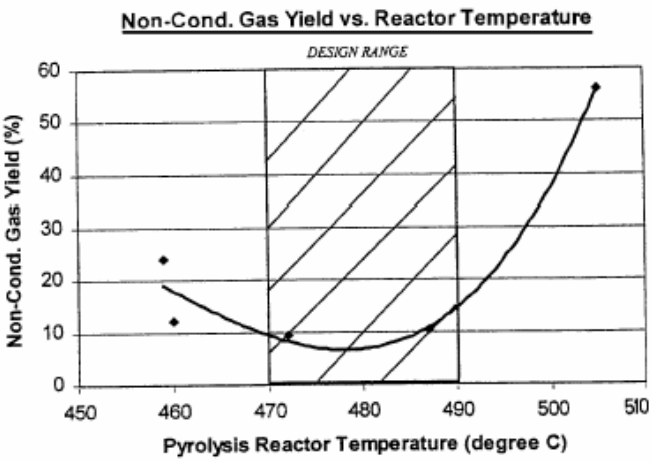




نمودارهای زیر در صد بازده بیواویل ، زغال ، و گازهای غیر قابل کندانس را در دماهای مختلف راکتور نشان می دهد




با توجه به نمودار های صفحه قبل مشاهده می شود که محدوده عملکرد بهینه در راکتور بین دماهای ۴۵۰ تا۵۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. جهت تکمیل و پیشرفت فرآیند به کل مقدار دمای عملیات ترمولیز که

شامل تمامی دمای تحمیلی به راکتور جهت فراهم نمودن مجموع دمای محسوس بعلاوه دمای انجام واکنش، مورد نیاز می باشد.

## آنالیز بیواویل

ماده بیواویل مخلوط مایعی از ترکیبات اکسیژن دار که شامل گروه های شیمیایی عامل مختلف همچون : کربونیل، کربوکسیل و فنویک می باشد. ترکیبات اصلی تشکیل دهنده این ماده شامل ۲۰٪ تا ۲۵٪ آب ، ۲۵٪ تا ۳۰٪ ترکیبات غیر محلول لگنین ، ۵٪ تا ۱۲٪ اسید های آلی، ۵٪ تا ۱۰٪ هیدرو کربنهای غیر قطبی، ۵٪ تا ۱۰٪ قند های بدون آب و ۱۰٪ تا ۲۵٪ ترکیبات اکسیژن دار دیگر می باشد. بیواویل ماده ای است به حالت مایع و روان و رنگ آن قهوه ای تیره و دارای بوی زننده ای است که می تواند باعث تحریک چشم شود. مقدار PH این ماده ۲/۷ بوده و مقدار فلاش پوینت آن کمتر از ۹۰ درجه سانتیگراد می باشد. این ماده حاوی مقادیر فراوانی از ترکیبات مختلف شیمیایی با وزنهای مولکولی متفاوت است. ذرات جامد موجود در بیواویل بطورعمده شامل ذرات ریز زغالی است که در فرآیند پیرولیز جداسازی نگردیده و به همراه محصول از سیستم خارج می شوند و معمولاً در حدود ۰/۱٪ وزن محصول را تشکیل می دهند. مقدار خاکستر موجود در بیواویل بستگی به مواد خام اولیه داشته ومعمولاً بین ۱٪ تا ۸٪ محصول را تشکیل می دهد. بستگی به نوع و کیفیت فرآیند پیرولیزانجام شده ترکیباتی با درصدهای متفاوت در این ماده تشکیل می شود که می توان به مواد زیر اشاره نمود: آب، لگنین، هیدرواستالدئید، فرمالدئید، اسید فرمیک، اسید استیک، استول، متانول و غیره ...

**ترکیب عناصر در بیواویل**

| ترکیب عناصر | واحد اندازه گیری | مقدار اندازه گیری |
|---|---|---|
| C | Wt. % | 54.60 |
| H | Wt. % | 6.45 |
| N | Wt. % | 0.73 |
| S | Wt. % | 0.01 |
| Ash | Wt. % | 0.05 |
| O( by difference) | Wt. % | 38.16 |
| Solid Content | Wt. % | 0.38 |
| Conradson Carbon Residue | Wt. % | 18.6 |

**خواص شیمیایی و فیزیکی بیواویل**

| بیواویل | واحد | خواص |
|---|---|---|
| ۱۳،۸ | Wt % | رطوبت |
| ۱۲۱۱ | Kg / m 3 | دانسیته در ۲۰درجه سانتیگراد |
| ۱۱۹۵ | Kg / m 3 | دانسیته در ۴۰درجه سانتیگراد |
| ۱۱۸۰ | Kg / m 3 | دانسیته در ۶۰درجه سانتیگراد |
| ۱۱۶۰ | Kg / m 3 | دانسیته در ۸۰درجه سانتیگراد |
| 16.5 | cSt | ویسکوزیته در ۲۰ درجه سانتیگراد |
| 26.7 | cSt | ویسکوزیته در ۴۰ درجه سانتیگراد |
| 16.4 | cSt | ویسکوزیته در ۵۰ درجه سانتیگراد |
| 11.2 | cSt | ویسکوزیته در ۶۰ درجه سانتیگراد |
| 8.2 | cSt | ویسکوزیته در ۷۰ درجه سانتیگراد |
| 5.4 | cSt | ویسکوزیته در ۸۰ درجه سانتیگراد |
| 4.1 | cSt | ویسکوزیته در ۹۰ درجه سانتیگراد |

## مزایای بیو اویل در مقایسه با سوخت های دیگر

بیواویل بعنوان یک سوخت پاک دارای مزایایی نسبت به سوخت های مشتق شده از نفت خام است که می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- درتولید این ماده انتشار ترکیبات سنگین اکسید گوگرد (SOx) وجود ندارد.
- میزان تولید ترکیبات اکسید نیتروژن (Nox) در حدود ۵۰٪ کمتر از دیگر سوختهای استفاده شده جهت کاربرد در توربین گازی و موتورهای دیزلی ایستگاهی می باشد.
- با توجه به این که این ماده از مواد زائد آلی و طبیعی تولید می گردد میزان تولید گازهای گلخانه ای توسط این سوخت در حد نرمال و طبیعی می باشد.
- در نواحی و مناطقی که مواد زائد آلی مانند باگاس نیشکر به راحتی و به وفور در دسترس می باشد می توان به جای استفاده از سوختهای فسیلی از این ماده استفاده نمود و از آلودگی محیط زیست و اتلاف سوختهای فسیلی جلوگیری کرد.
- در مقایسه با دیگر سوختهای تولید شده از مواد بیومس ، این ماده به راحتی قابل انتقال و جابجایی، پمپ شدن و انبار شدن می باشد.

## کاربردهای بیواویل

بیواویل سوخت مایعی است که می توان از آن بجای سوخت های فسیلی درتولید و انتقال انرژی وهمچنین تولید انرژی گرمایی استفاده نمود. از بیواویل بعنوان سوخت پاک در تولید نیرو وگرما بوسیله موتورهای دیزلی ایستگاهی وهمچنین بعنوان سوخت در توربینهای گازی و بویلر ها می توان استفاده نمود.

موارد مذکور کاربردهای اولیه این ماده را نشان می دهد و انتظار می رود که در سالهای آینده با توجه به پیشرفتهای علمی وصنعتی و نیاز بشر به منابع انرژی ، مصارف این ماده روز به روز گسترده تر گردد.
میزان تولید بیواویل بستگی به اندازه تجهیزات کاربرده شده در یک واحد تولید بیواویل داشته و می توان واحدهایی با مصرف ماده خام اولیه از ۳ تا ۲۰۰ تن در روز خوراک ورودی احداث نمود و انرژی الکتریکی از ۶ تا ۱۰ مگا وات تولید نمود.

## نتیجه

در حال حاضر در کشور های که فاقد منابع نفتی فراوان می باشند از واحد های با اندازه های مختلف جهت تولید بیواویل استفاده می شود بطور مثال از واحدی کوچکی با مصرف دو تن ماده اولیه در حدود ۶ بشکه بیواویل در روز تولید می شود. با توجه به مصرف روزانه سوخت های فسیلی مانند مازوت جهت راه اندازی دیگ های بخار و نیز با توجه به فراوانی با گاس در یک کارخانه تولید شکر می توان با استفاده از روش های تولید بیواویل و احداث واحد های بزرگ ( با مصرف ۳۶ تن ماده اولیه در روز ) سوخت مورد نیاز جهت راه اندازی دیگ های بخار را نأمین نمود و از هزینه های که جهت تأمین سوخت های فسیلی مصرف می گردد جلوگیری نمود.

## منابع ومراجع

1. The production Of Chemicals from fast pyrolysis Bio-oil , Desmond Raldein,RTI in ;Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook , A.Bridgwater etal,CPL Press, 1999.
2. Vacuum Pyrolysisstudy onsugarcane bagasse C.roy.Pyrovac Institute Inc.
3. Efficient electricity production from biomass throu IPCC power plants by: Christian Roy, Denis Morin.
4. Industrial scale demonstration of the Pyrocycling Tm Process for the conversion of Biomass to Biofuels and chemicals.
5. C. Roy ، F. Dube ، P. Laprise.
6. First World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry. Spin: 5- 9 June2000.