

# تولید بیواتانول از پسماندهای جامد شهری

پیروز پروین، رئیس هیئت مدیره، انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران  
*Pirouz.parvin@gmail.com*  
یاسین نیک تبار، کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد تهران-جنوب  
*Yasin.niktabar@gmail.com*

## چکیده

این مقاله به معرفی بیواتانول، مهمترین سوخت زیستی مایع شناخته شده در جهان، به عنوان پرارزترین و سازگارترین محصول بازیافت پسماندها شهری با محیط زیست می پردازد. از میان اجزای متعدد تشکیل دهنده پسماندهای شهری، زیست توده سلولزی (شامل انواع کاغذ، مقوا سایر مصنوعات سلولزی، ضایعات چوبی و گیاهی و ...) از بخش جامد پسماندهای شهری ( $MSW$ ) به عنوان فراوانترین، مهمترین، عمده ترین و اقتصادی ترین منبع برای تولید بیواتانول معرفی می گردد. از میان فناوری های شناخته شده برای تولید اتانول از مواد سلولزی روش تجربه آنزیمی، تخمیر، تقطیر و آبگیری به عنوان مناسبترین فرایند پیشنهاد می گردد. در پایان به تشریح ویژگی های مهم و امتیازات اجرای این طرح در کلانشهرهای ایران خواهیم پرداخت.

## کلمات کلیدی

بیواتانول، بازیافت، پسماندهای جامد شهری، سینگاز

## ۱. مقدمه

ضرورت بازیافت حداکثری پسماندهای شهری موضوعی است کاملاً شناخته شده و مورد توافق در تمام کشورهای جهان. تنها، نحوه و میزان اجرای این ضرورت است که از نزدیک به صفر تا نزدیک به صد در صد در کشورها یا بهتر بگوییم در شهرهای مختلف متفاوت است.

سه اصل مهم را می توان بر انتخاب شیوه مدیریت پسماندها و اجرای مراحل و عملیات بازیافت حاکم دانست:

۱. تلاش برای بازیافت موثر هر چه بیشتر اجزای متعدد و گوناگون تشکیل دهنده پسماند های شهری و کاهش حتی الامکان بخش ها و اجزایی که دفن و یا سوزانده می شوند. به این معنی که برای بازیافت موثر هر جزء و یا چند جزء مشابه از پسماندهای شهری راه حلی اجرایی و با صرفه اقتصادی ارائه گردد.
۲. سودآورتر کردن هر چه بیشتر عملیات مدیریت و بازیافت پسماندهای شهری، یا به عبارت دیگر توجه جدی و ویژه به انتخاب روش ها و محصولات نهایی بازیافتی با ارزش افزوده، ارزش معاملاتی و سود واقعی بیشتر ( البته با توجه به ضرورت استهلاک سرمایه گذاری ثابت انجام شده در مدت معین).
۳. انتخاب روش ها و محصولات نهایی بازیافت با توجه ویژه به حفظ محیط زیست و سلامتی انسان ها . یعنی روش های اجرا و محصولات نهایی حاصل از بازیافت به گونه ای انتخاب شوند که نه تنها زیانهای وارده به محیط زیست و خطرات احتمالی برای سلامتی انسانها را به حداقل برسانند، بلکه ترجیحاً "زمینه لازم برای ارتقای شرایط زیست محیطی شهر محل اجرای طرح ( و با دیدی وسیعتر، شرایط زیست محیطی کل کره زمین) و ارتقای سطح سلامتی انسانها ( ساکنان شهر محل اجرای طرح و ساکنان کره زمین) را فراهم سازند.

## ۲. بیواتانول

بیواتانول ( اتانول زیستی، الکل اتیلیک زیستی) الکی است دو کربنی به فرمول شیمیایی  $C_2H_5OH$  که بر خلاف اکثر الکل های دیگر و بر خلاف اتانول سنتتیک که پلپیه نفتی- گازی ( پترو شیمیایی) دارند، از منابع و مواد اولیه زیستی تولید می گردد.

مواد اولیه زیستی مورد استفاده در تولید بیواتانول عمدتاً منشأ گیاهی دارند، گوا اینکه از بعضی مواد اولیه با منشأ حیوانی نیز می توان بیواتانول تولید کرد . بخش بزرگی از محصولات ک شاورزی ، ضایعات و پسماندهای محصولات کشاورزی ، فرآورده های جانبی صنایع تبدیلی کشاورزی، محصولات و ضایعات فرآورده های جانبی جنگل و صنایع مربوطه، و البته ضایعات و پسماندهای زیستی شهری و صنعتی برای تولید بیواتانول به کار گرفته می شود [۲۵، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۲۹].

منابع و مواد اولیه قابل تبدیل به بیواتانول به سه گروه عمده قندی، نشاسته ای و سلولزی تقسیم می شوند [۲۱]. بیواتانول حاصل از مواد اولیه قندی و نشاسته ای ( نیشکر؛ چغندر قند، ملاس نیشکر و چغندر قند، انواع میوه های شیرین و ضایعات و فرآورده های جنبی آنها، غلات مختلف و ضایعات آنها ، سیب زمینی و کاساوا و بعضی نباتات ویژه تولید بیواتانول مثل سورگوم شیرین و ....) که تقریباً تمام بیواتانول تولید شده کنونی جهان در مقیاس تجاری را شامل می شود، بیواتانول نسل اول نامیده می شود. بیواتانول حاصل از انواع منابع زیست توده سلولزی ( ضایعات محصولات کشاورزی

، مرتعی و جنگلی ، ضایعات بعضی صنایع تولیدی و کارگاهی، بخشی از پسمانده ای شهری و همچنین بعضی دیگر از گیاهان ویژه تولید اتانول مثل سوییچ گرس<sup>۲</sup> و ... را بیواتانول نسل دوم می نامند. البته در بعضی منابع بیواتانول نسل سوم نیز معرفی گردیده است که موضوع بحث ما نمی باشد [۲۷]. بیواتانول نسل دوم در حال حاضر تنها بخش کوچکی از بیواتانول تولید شده در جهان را شامل می شود، اما با توجه به رون کتونی بسیار سریع توسعه فناوری و کاهش قیمت تمام شده بیواتانول نسل دوم ، انتظار می رود این تعادل به زودی شدیداً<sup>۱</sup> به نفع بیواتانول نسل دوم تغییر نماید. به ویژه با توجه به اینکه منابع و مواد اولیه تولید بیواتانول نسل دوم بسیار فراوانتر ، ارزانتر، کم اثرتر بر محیط زیست و بر منابع محدود غذایی کره زمین می باشند [۲۱].

### ۳. بیواتانول سوختی

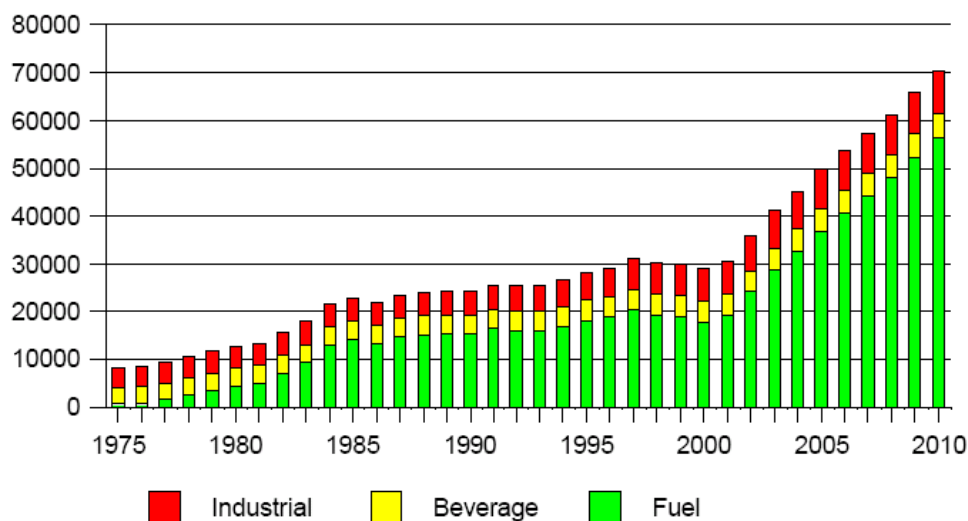
بیواتانول کاربردهای متعددی دارد. ضد عفونی کنندگی در بخش بهداشت و درمان تخصصی (بیمارستانی) و عمومی، ماده اولیه تولید بعضی از محصولات غذایی (سرکه)، دارویی، بهداشتی، آرایشی، شیمیایی، نظامی ( مهمات سازی ) و ... ، ماده واسطه و یا حلال در صنایع مختلف از قبیل چاپ، لاستیک سازی، ریخته گری و ... ، تولید نوشابه های الکلی در کشورهای غیر اسلامی ، و البته به عنوان سوخت و یا مکمل سوخت جایگزین در بخش حمل و نقل ( بویژه حمل و نقل جاده ای).

کاربرد بیواتانول به عنوان سوخت و یا مکمل ( افزودنی ) سوخت گرچه سابقه تاریخی طولانی دارد و به زمان ساخت نخستین نمونه های خودرو سواری توسط هنری فورد باز می گردد، اما تا همین دو دهه اخیر بسیار محدود و ناچیز بوده است (شکل ۱) [۲۲، ۱۸، ۱۵].

این در حالی است که هم اکنون، یعنی در فاصله زمانی کمتر از بیست سال، بیش از ۸۰ درصد بیواتانول تولیدی در جهان بیواتانول سوختی محسوب می شود، و با ثابت ماندن تقریبی مصارف دیگر بیواتانول در جهان و افزایش تصاعدی مصرف بیواتانول سوختی (شکل ۱)، انتظار می رود این نسبت باز هم در سالهای آتی به نفع کاربرد سوختی بیواتانول تغییر نماید [۱۵].

---

<sup>۲</sup> Switch Grass



شکل ۱: تولید جهانی بیواتانول به تفکیک نوع مصرف (میلیون لیتر) [۱۵]

در حال حاضر، عمده ترین شیوه استفاده از اتانول سوختی در جهان عبارتست از افزودن آن به بنزین مصرفی خودروها، به جای افزودنی زیان آور و در حال حذف  $MTBE^3$ ، به میزان ۵ درصد، ۱۰ درصد و یا بیشتر. کاربرد عمده دیگر بیواتانول سوختی عبارتست از استفاده از آن به عنوان جایگزین بنزین و یا حتی گازوئیل در خودروهای اتانول سوز و دو گانه سوز ( $FFV^4$ ) در قالب سوخت اتانولی ۸۵ و یا ۱۰۰ درصد [۷، ۲۴، ۲۳-۳].

در جمهوری اسلامی ایران نیز در پی تلاش ۸ ساله انجمن صنفی تولید کنندگان اتانول ایران، و مطالعات و آزمایشات متعدد، بویژه توسط پژوهشگاه صنعت نفت، بالاخره در سال ۱۳۸۷ ضرورت به کارگیری بیواتانول سوختی در بنزین مصرفی کشور به تاجد کلیه نهادهای ذیربط در مجموعه صنعت نفت کشور رسید و مقرر گردید تا از پائیز - زمستان ۱۳۸۹ (و به روایتی از اوایل ۱۳۹۰) اتانول سوختی در قالب بنزین  $E5$  (بنزین حاوی ۵٪ اتانول سوختی) ابتدا در استان خوزستان و سپس تدریجا<sup>۴</sup> در سراسر کشور به کار گرفته شده و جایگزین  $MTBE$  گردد. برنامه جامع بیواتانول کشور که راهگشای گام های بعدی توسعه این صنعت و کاربرد گسترده تر بیواتانول در سوخت مصرفی کشور خواهد بود، هم اکنون به سفارش شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده های نفتی ایران در دست تهیه می باشد [۳-۱].

#### ۴. چرا تولید بیواتانول سوختی از پسماندهای شهری؟

<sup>۳</sup> Methyl Tertiary Butyl Ether

<sup>۴</sup> Flex-Fuel Vehicle

برای پاسخ به این سوال می بایست به ۳ اصل مهم و معیارهای انتخاب محصولات نهایی قابل تهیه حاصل از بازیافت پسماندهای شهری در مقدمه این مقاله بازگشت.

پس از پذیرش این اصل که می بایست تلاش شود نسبت مواد شرکت کننده در فرآیند بازیافت به کل پس ماندهای جمع آوری شده را تا حد ممکن افزایش داد و کاندید کردن محصولاتی از قبیل سوخت جامد متراکم<sup>۵</sup> RDF، بیوگاز، خمیر کاغذ (خمیر سلولزی)، کمپوست و ... از بخش زیست توده پس ماندهای جامد شهری در رقابت با بیواتانول، و البته با تاکید بر اینکه مانعی برای تولید همزمان بیواتانول و محصولات نامبرده فوق نیز وجود ندارد، به بررسی ویژگی های بیواتانول در مقایسه با رقبایش می پردازیم.

- کاربرد بیواتانول به عنوان یک سوخت مایع و همچنین مکمل سوخت، از سوخت های دیگر قابل استحصال از پس ماندهای جامد شهری بیشتر، متنوع تر، مهم تر، انعطاف پذیرتر و آسانتر است [۲۰، ۱۱].
  - بیواتانول را می توان به سادگی ذخیره و به محل مصرف منتقل نمود [۱۴].
  - همراه با بیواتانول، محصول با ارزش دیگری به نام لیگنین نیز به عنوان یک محصول جانبی تولید می گردد. علاوه بر این، هم آب حاصل از پسماند تولید بیواتانول قابل مصرف مجدد و هم بخش جامد حاصل از پسماند تولید اتانول قابل استفاده مجدد به عنوان یک سوخت کم ارزش تر می باشد [۲۷].
  - ارزش اقتصادی بیواتانول از سایر مواد قابل استحصال از پس ماندهای جامد شهری، چه سوختی و چه غیر سوختی، به مراتب بیشتر است. ارزش معاملاتی حدوداً "یک دلار آمریکا (معادل ۱۰/۰۰۰ ریال) به ازای هر کیلو بیواتانول سوختی در حال حاضر دور از انتظار نمی باشد. البته قیمت فروش کنونی این محصول در بازار ایران از این بیشتر است، اما در بعضی مناطق جهان میتوان بیواتانول سوختی ارزانتر از این نیز تهیه نمود [۸].
  - سودآوری و نرخ (زمان) بازگشت سرمایه در تولید بیواتانول سوختی از پسماندهای شهری، در حال حاضر، هنوز مطلوب به حساب نمی آید و سرمایه گذاری های انجام شده در کشورهای دیگر در این مورد تا کنون با بهره گیری از حمایت های دولتی / شهری و با نگاه با آینده بوده است. لیکن انتظار می رود از سال ۲۰۱۲ میلادی به بعد با تجاری تر شدن این فناوری و ارزانتر شدن بهای آنزیم مورد استفاده در این فرآیند بر اثر تولید انبوه، قیمت تمام شده بیواتانول نسل دوم به مقدار قابل توجهی کاهش یافته و از قیمت تمام شده بیواتانول نسل اول که اکنون تولید می گردد به مراتب کمتر گردد. هدف گذاری انجام شده توسط دولت ایالات متحده آمریکا برای جایگزین ساختن بخش مهمی از سوخت های فسیلی مورد مصرف در بخش حمل و نقل آن کشور توسط اتانول سوختی، دستیابی به قیمت تمام شده حدود ۳۵ صدم دلار به ازای هر لیتر اتانول سوختی می باشد [۲۱].
  - تولید بیواتانول سوختی از پسماندهای جامد شهری و بهره گیری از آن به عنوان جایگزین سوخت ها و یا مکمل های سوخت فسیلی مزایای زیست محیطی متعددی دارد که با هیچیک از رقبای آن در این زمینه قابل مقایسه نیست [۲۵، ۱۲، ۴].
- بیواتانول یک سوخت زیستی تجدید پذیر، دوستدار محیط زیست، صد در صد تجزیه پذیر در محیط، بدون اثر آلایندهی بر آب های زیر زمینی و سطحی، غیر سمی، فاقد اثرات سرطان زا و دیگر خواص زیان آور برای سلامت انسان می باشد [۶، ۵، ۳].

<sup>۵</sup> Refuse-Derived Fuel

- موازنه انرژی در چرخه تولید تا مصرف ( چرخه عمر ) اتانول سوختی حاصل از پسماندهای جامد شهری بسیار مطلوب است. به این معنی که نسبت انرژی های فسیلی مصرف شده برای تولید به انرژی حاصل از احتراق بیواتانول سوختی بسیار اندک است و می توان در صورت برنامه ریزی درست این نسبت را به نزدیک صفر رساند [۲۷،۲۰].
- موازنه کربن، یا به عبارت دیگر میزان کاهش انتشار گازهای آلاینده ( GHG<sup>Y</sup> ) در چرخه عمر اتانول سوختی از پسماندهای جامد شهری در مقایسه با سوختهای فسیلی کاملاً " قابل توجه است. در این رابطه حتی می توان با بهره گیری از امتیازات پیش بینی شده در پیمان کیوتو و تعریف مکانیزم توسعه پاک ( CDM<sup>A</sup> ) درآمد جنبی قابل توجهی علاوه بر فروش بیواتانول نیز کسب نمود [۴].

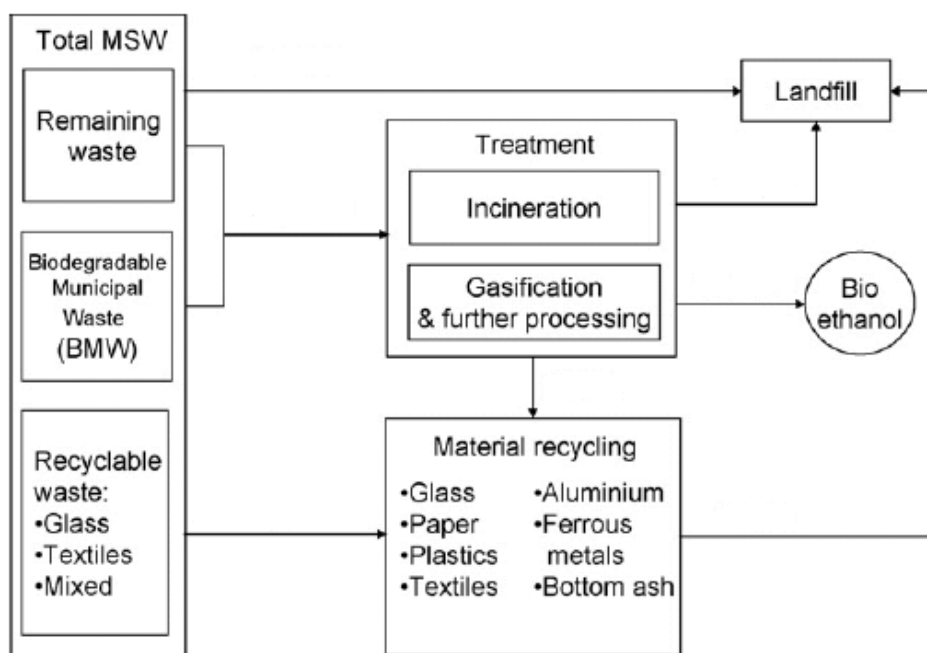
## ۵. فناوری تولید بیواتانول از پسماندهای جامد شهری

اجزای تشکیل دهنده پسماندهای جامد شهری را می توان به دو گروه عمده تقسیم کرد. اجزای غیر زیستی از قبیل فلزات، پلاستیک ها، شیشه ، منسوجات ، مصنوعات ترکیبی، نخاله ها و ... این اجزا معمولاً پس از جداسازی و تفکیک به دو گروه قابل بازیافت ( دارای ارزش اقتصادی) و غیر قابل بازیافت ( فاقد ارزش اقتصادی) تقسیم شده و بخش دوم به مراکز دفن زباله منتقل می گردد. گروه دیگر که اجزای زیستی (زیست تجدید پذیر) می باشند را با توجه به موضوع این مقاله، خود به دو گروه زیست توده سلولزی و سایر مواد زیستی تقسیم می کنیم. زیست توده سلولزی عمدتاً شامل انواع کاغذ و مقوا و مصنوعات سلولزی دیگر، ضایعات چوبی مختلف تنه و شاخه های قطع و هرس شده درختان و ... می باشد. زیست توده غیر سلولزی هم عمدتاً از ضایعات و پس مانده های آشپزخانه ای و دیگر مواد خوراکی ، گل و گیاه و ... تشکیل می شود (شکل ۲) [۲۰].

<sup>۶</sup> Life Cycle

<sup>Y</sup> Green House Gases

<sup>A</sup> Clean Development Mechanism



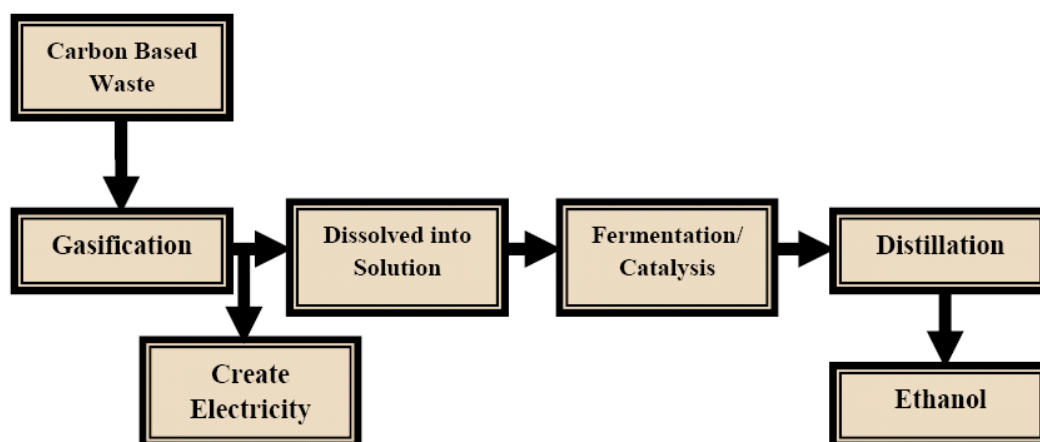
شکل ۲: نمای شماتیکی از تفکیک پسماندهای جامد شهری و تولید بیواتانول [۲۸]

دو فناوری عمده برای تولید بیواتانول از بخش زیست تجزیه پذیر پسماندهای شهری ( $BMW^A$ ) وجود دارد که هر یک اهداف جداگانه ای را علاوه بر تولید بیواتانول دنبال می کنند و بسته به استراتژی انتخاب شده برای مدیریت پسماندهای هر شهر بخصوص، با توجه به جمع جهات، یکی از این دو فناوری مناسب تشخیص داده می شود. فناوری نخست به طور خلاصه عبارتست از تولید و تخمیر باکتریایی سیگناز ( $Syngas^{10}$ ) و فناوری دوم را به طور خلاصه می توان شکست آنزیمی سلولز و تخمیر قندی برای تولید بیواتانول نامید [۱۶]. در فناوری نخست (شکل ۳)، می توان از کلیه اجزای زیستی پسماندهای جامد شهری (و حتی لاستیک های طبیعی) که ممکن است ۸۰ درصد کل پسماندها را تشکیل دهند برای تولید بیواتانول استفاده کرد. م واد اولیه که می بایست کمتر از ۴۰٪ رطوبت داشته باشد ابتدا در  $Gasifier$  های ویژه بدون اکسیژن دهی تا بیش از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می شوند تا به مولکول های ساختاری خود تجزیه شوند. حاصل این عملیات ۹۰٪ گاز متشکل از  $CO_2$ ,  $H_2$  است ( $Syngas$ ) و ۱۰٪ خاکستر که جمع آوری و دفن می گردد. سپس سیگناز تا دمای حدود ۳۶ درجه سانتیگراد خنک می گردد. حرارت از دست داده شده این گاز برای تولید بخار آب با دمای زیاد، گرداندن توربین های بخار و تولید الکتریسیته به کار گرفته می شود. گاز خنک شده در راکتور (فرمانتور) های ویژه با کمک آنزیم حاصل از نوعی باکتری خاص و همچنین مواد مغذی لازم برای باکتری به مخلوطی از آب و اتانول و مواد زائد تبدیلی می گردد که پس از

<sup>A</sup> Biodegradable Municipal Waste

<sup>10</sup> Synthesis Gas

فیلتر شدن با بهره گیری از ستون های تقطیر تا ۹۶٪ تغلیظ شده و سپس با کمک مولکولارسیو آبیگری وبه درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۲٪ (بیواتانول سوختی) رسانده می شود. در این فرآیند از هر تن زیست توده خشک حدود ۲۸۰ لیتر بیواتانول سوختی (یا بیشتر، بسته به میزان محتوای کربن زیست توده) حاصل می شود و امکان تولید ۴۳۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی هم فراهم می گردد. بررسی و مقایسه مزایا و معایب، سرمایه گذاری و بازدهی این فناوری در این خلاصه نمی گنجد [۱۹]. تنها به این نکته اکتفا می کنیم که با توجه به سرمایه گذاری های زیادی که در مراکز بازیافت پسماندهای شهری ایران برای احداث واحدهای تولید کمپوست انجام شده است، نمی توان نقام ماده اولیه کمپوست سازی را به تولید بیواتانول اختصاص داد. علاوه بر این، هنوز نمی توان با اطمینان کافی از قابل دسترس بودن این فناوری نوین، بویژه تامین آنزیم مورد نیاز برای تخمیر سیگناز به اتانول، برای جمهوری اسلامی ایران در کوتاه مدت صحبت کرد.

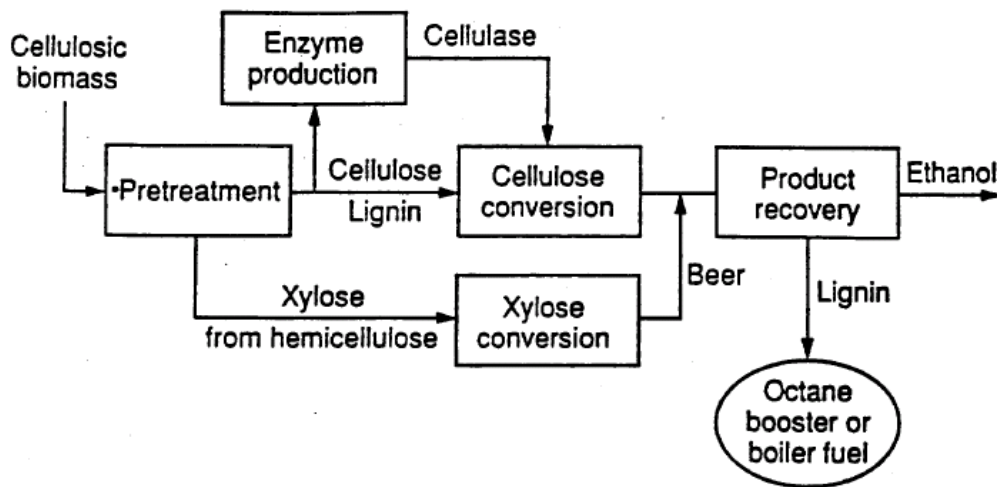


شکل ۳: نمایش شماتیک تولید بیواتانول سوختی با کمک فناوری Gasification

در فناوری دوم (شکل ۴)، تنها بخش عمده ای از زیست توده سلولزی از پس ماندهای زیستی برای تولید بیواتانول به کار گرفته می شود و بقیه مواد زیستی موجود در کل پسماندها به واحد های کمپوست سازی هدایت می گردد. فرآیند تجزیه آنزیمی مواد سلولزی به قندهای ساده، به دنبال تخمیر مواد قندی به بیواتانول و انجام مراحل تغلیظ تا بالاتر ۹۹/۲ درصد با کمک ستون های تقطیر و مولکولارسیو یک فناوری شناخته شده و تجربه شده است. برای اجرایی کردن این فرآیند در تکمیل یک واحد بازیافت زباله های شهری تنها یک واحد آماده سازی مواد اولیه و سپس شستشوی اسیدی به این فناوری معمول افزوده می شود. مجموعه اجزای سلولزی تفکیک شده از کل پس ماندهای جامد شهری (شامل انواع کاغذ و مقوا و دیگر محصولات و مصنوعات سلولزی، انواع ضایعات چوبی فرآوری شده، کارگاهی و خام و ...)، پس از اضافه شدن محصولات سلولزی دیگر جمع آوری شده از سطح شهر، جدا از سیستم جمع آوری زباله های شهری (مثل روزنامه ها و دیگر نشریات باطله، جعبه های چوبی میوه ها و سبزیجات، جعبه ها و کارتن های مقوایی، شانه های تخم مرغ، ضایعات چاپخانه ها و کارتن سازی ها و دیگر صنایع بسته بندی و اقلام بسیار دیگری از این قبیل) مواد اولیه واحد تولید بیواتانول راتشکیل خواهند داد. محصول جاربی اصلی این واحد تولیدی لیگنین می باشد که خود واجد ارزش



معمالاتی معینی است و یا می تواند به عنوان سوخت بخشی از نیازهای حرارتی واحد را تامین نماید. از یک تن مواد سلولزی خشک می توان بسته به ترکیب مواد متشکله اش از ۱۸۰ تا ۴۰۰ لیتر بیواتانول سوختی تولید نمود [۲۶،۱۹،۱۷،۱۰،۹].



شکل ۴: نمای شماتیک تولید بیواتانول سلولزی به روش آنزیمی [۳۰]

این فناوری با در نظر گرفتن مجموعه جهات، در کوتاه مدت، برای جمهوری اسلامی ایران قابل دسترس تر می باشد و دانش و تجربه مراکز پژوهشی و متخصصان داخلی نیز خواهد توانست در این زمینه راهگشا باشد. آنزیم ویژه سلولاز مورد نیاز برای این فرآیند ه نوز نسبتاً " گران است، اما همانطور که در همین مقاله عنوان گردید، انتظار می رود بزودی با قیمت مناسب و در مقیاس تجاری در دسترس قرار گیرد.

## ۶. نتیجه گیری

کلانشهر ۱۰ میلیون نفری تهران بزرگ، با تولید روزانه بیش از ۷۵۰۰ تن پسماند یا زباله شهری [۹]، با داشتن سازمانی مشخص برای بازیافت و تبدیل مواد وابسته به شهرداری تهران، با برنامه ریزی ها و تمهیدات گسترده ای که تا کنون برای جمع آوری، تفکیک از مبدا، افزایش پردازش و بازیافت صورت گرفته است، و با داشتن مجتمع عظیم بازیافت و پردازش آرادکوه مجهز به واحدهای تفکیک مجدد و جداسازی پسماندهای خشک، تولید کمپوست، تولید سوخت *RDF* و بسیاری امکانات دیگر، به عنوان نخستین گزینه از میان کلانشهرهای کشور برای احداث اولین واحد آزمایشی تولید بیواتانول از زیست توده سلولزی جمع آوری شده و قابل جمع آوری در سطح استان تهران مطرح می گردد. مسلماً تامین مواد اولیه لازم برای تغذیه یک پایلوت تولید بیواتانول از زیست توده سلولزی با ظرفیت ۲۰/۰۰۰ لیتر بیواتانول در روز در

مجتمع آرادکوه کار چندان دشواری نخواهد بود. به این ترتیب، شهرداری تهران خواهد توانست خود را به عنوان یکی از پیشگامان این طرح نوین و پیشرو زیست محیطی در میان کلانشهرهای کشورهای پیشرفته جهان مطرح نماید. به زودی ناوگانی از اتوبوسهای اتانول سوز با سوخت سبز تولیدی از زباله های شهر تهران در این کلانشهر آلوده به حرکت در آمد و پرچم کاهش آلودگی محیط زیست تهران بزرگ و هوایی که تنفس می کنیم را به اهتزاز در خواهند آورد.

## ۶. منابع و مراجع

۱. اجرایی شدن استفاده از اتانول به عنوان مکمل در سوخت خودرو، نشریه خبری-تخصصی اتانول، شماره ۲۰، صفحه ۴، مرداد و شهریور ۱۳۸۷.
۲. ایران به جمع تولیدکنندگان بنزین حاوی اتانول جهان می پیوندد، نشریه خبری-تخصصی اتانول، شماره ۲۲، صفحه ۵، بهمن و اسفند ۱۳۸۷.
۳. پیروز پروین، ضرورت اتخاذ به موقع یک تصمیم استراتژیک، استفاده از اتانول در بنزین بدون سرب بجای MTBE، انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول، بهار ۱۳۸۱.
۴. پیروز پروین، یاسین نیک تبار، شناسایی پتانسیل های بیواتانول در اجرای پروژه های مکانیسم توسعه پاک و ایجاد درآمدهای کرین در ایران، اولین کنفرانس بازار کرین و مکانیسم توسعه پاک در پتروشیمی و صنایع مرتبط، ۷-۸ مهر ماه ۱۳۸۸، مجتمع فرهنگی آموزشی پتروشیمی، تهران.
۵. محمد علی گرجی، بررسی علمی تولید اتانول از جوانب مختلف، نشریه خبری-تخصصی اتانول، شماره ۷، صفحه ۱۴، فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۴.
۶. محمدرضا امیدخواه، محمد چگینی، کبری پورعبداله، بررسی امکان جایگزینی MTBE با افزودنی های دارای مخاطرات کمتر در بنزین، سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک.
۷. محمدرضا امیدخواه، محمد چگینی، کبری پورعبداله، بررسی و آنالیز اثرات MTBE بر آب های زیرزمینی تهران، سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک.
۸. نشریه خبری-تخصصی اتانول، شماره ۲۳، صفحه ۶، مرداد و شهریور ۱۳۸۸.
۹. وبگاه روزنامه سرمایه، شماره ۱۰۳۲، چهارشنبه ۲۰ خرداد ۱۳۸۸، [www.sarmayeh.net/ShowNews.php?۴۷۹۹۳](http://www.sarmayeh.net/ShowNews.php?۴۷۹۹۳).
۱۰. Ajay Kumar, David D. Jones, Milford A. Hanna, Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology, *Energies* ۲۰۰۹, ۲, ۵۵۶-۵۸۱; doi: ۱۰.۳۳۹۰/en ۲۰۳۰۰۵۵۶.
۱۱. Anuj Kumar Chandel, Chan ES, Ravinder Rudravaram, M. Lakshmi Narasu, L. Venkateswar Rao and Pogaku Ravindra, Economics and environmental impact of bioethanol production technologies: an appraisal, *Biotechnology and Molecular Biology Review* Vol. ۲ ( ۱), pp. ۰۱۴-۰۳۲, February ۲۰۰۷,

Available online at <http://www.academicjournals.org/BMBR>, ISSN 1538-2273 © 2007 Academic Journals.

12. Ayhan Demirbaş, *Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass, Energy Sources*, 1:171-176, 2004, Copyright © Taylor & Francis Inc., ISSN: 0090-8312 print/1538-2273 online, DOI: 10.1080/00908310390266643.
13. *Bioethanol Fueling Sustainable Transportation, Produced by the National Renewable Energy Laboratory, a U.S. Department of Energy national Laboratory, DOE/GO-102000-0907* • June 2000.
14. *Blending Of Ethanol In Gasoline For Spark Ignition Engines, Problem Inventory And Evaporative Measurements, Study Performed By Stockholm University, ATRAX AB, Autoemission KEE Consultant AB, AVL MTC AB, Financed By Swedish EMFO*, 2004-2004.
15. Christoph Berg, *World Fuel Ethanol Analysis and Outlook, Prepared for METI, F.O Licht*, 2003.
16. Darren Anweiler, *Saskatchewan Thermal Bioprocessing and Syngas Utilization, World Congress on Industrial Biotechnology & Bioprocessing in Montreal, July 22, 2009*.
17. David Peterson, Scott Haase, *Market Assessment of Biomass Gasification and Combustion Technology for Small- and Medium-Scale Applications, Technical Report, NREL/TP-VA 2-46190*, July 2009, National Renewable Energy Laboratory (a national Laboratory of the U.S. Department of Energy).
18. Doris Schieder, *Bio-ethanol – existing pathways, 1st European Summer School on Renewable Motor Fuels, Birkenfeld, Germany, Technical university of Munich*, 29 – 31 August 2004.
19. *Gridley Ethanol Demonstration Project Utilizing Biomass Gasification Technology: Pilot Plant Gasifier and Syngas Conversion Testing, TSS Consultants For the City of Gridley, California Gridley, California, Operated for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, by Midwest Research Institute • Battelle, Contract No. DE-AC36-99-GO10337*, 2004.
20. Jian Shi, Mirvat Ebrik, Bin Yang and Charles E. Wyman, *The Potential of Cellulosic Ethanol Production from Municipal Solid Waste: A Technical and Economic Evaluation, Energy Development and Technology* • 14, University of California, 2009, [www.ucei.org](http://www.ucei.org).
21. Kirsten Birkegaard Stær, *FUTURE PERSPECTIVES FOR SUSTAINABLE BIOFUELS, European Parliament, May 14th, 2008*.
22. Matthew L. Gibson, *Overview of the Ethanol Industry, Dakota Gold Research Association, Presented to: Midwestern Sectional Midwestern Sectional ASAS & ADSA ASAS Mtngs Mtngs March 22, 2004 March 2004*.
23. *Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) And Clean Gasoline Alternatives, Report To The Senate Education, Health, And Environmental Affairs Committee And The House Environmental Matters Committee, January 2008, Maryland Department Of The Environment Air And Radiation Management Administration, Wwww.Mde.State.Md.Us*.

٢٤. Mustafa Balat, Havva Balat, *Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel*, ScienceDirect Applied Energy ٨٩ (٢٠٠٩) ٢٢٧٣–٢٢٨٢.
٢٥. Pascale Champagne, *Feasibility of producing bio-ethanol from waste residues: A Canadian perspective* Feasibility of producing bio-ethanol from waste residues in Canada, Elsevier, Resources, Conservation and Recycling ٥٠ (٢٠٠٧) ٢١١–٢٣٠.
٢٦. R. Mark, *Energy Crop Gasification and Gasification Issues* Gasification Issues, BrickaDave C. Swalm School of Chemical Engineering Mississippi State University.
٢٧. S.V.Ramakrishna, *Technological challenges in Bioethanol production from Lignocellulosic materials*, Praj Industries limited, Pune -٤١١٠٢١, INDIA.
٢٨. Stichnothe H, Azapagic A. *Bioethanol From Waste: Life Cycle Estimation Of The Greenhouse Gas Saving Potential*. Resour Conserv Recy (٢٠٠٩), Doi: ١٠.١٠١٦/J.Resconrec. ٢٠٠٩.٠٤.٠١٢, Esvier.
٢٩. *The Co-Production of Ethanol and Electricity From Carbon-based Wastes*, A Report from BRI Energy, Inc. Regarding a New Technology That Addresses Multiple Energy and Waste Disposal Solutions, www.brienergy.com, BRI Energy LLC, ٣٢٣.٤٥٠.٥٠٩٤, March ٢٠٠٩.
٣٠. Wyman C.E., *Application of Cellulose Conversion Technology to Ethanol Production from Corn*, Alternative Fuels Division, National Renewable Laboratory, Golden, Colorado ٨٠٤٠١, ET ١٧٠:٧/٢٢/٩٢.