تولید سوخت بیواویل از زیست توده و استفاده از آن در موتور دیزل

بهمن نجفی، مغدید مرتضی
استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی
دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده (Najafib@uma.ac.ir)

چکیده

در میان سوخت‌های بیولوژیک ما یع و گازی، بیواویل به علت فراوانی منابع تولیدی از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق سوخت بیواویل به روش پیرولیز سریع و با استفاده از یک رآکتور بستر سیال، از خاک اره (ذرات چوب) تولید گردید. فرآیند پیرولیز سریع در نرخ جریان گاز نیتروژن 100 ml/min با نرخ حرارت 10 ºC/min، حرارت نهایی 500ºC و نرخ تغذیه 1kg/h انجام گرفت و عملکرد بیواویل 25٪ وزنی ماده اولیه بود. آزمون امولسیون (20٪ بیواویل و 80٪ گازوئیل) و گازوئیل خالص، بر روی موتور دیزل OM 314 LA انجام شد. نتایج حاکی از این واقعیت بود که استارت و روشن شدن موتور با مشکل انجام می‌شود. بعد از گذشت مدت زمان حدود 20 دقیقه، گرفتگی کامل فیلتر سوخت و خوردگی قطعات سیستم سوخت‌رسانی از جمله سوزن ها، نازل ها و پمپ انژکتور مشاهده گردید. در تمامی دورها ی موتور (1200rpm، 1400، 1600، 1800، 2000 و 2200)، دمای اگزوز و مصرف س وخت امولسیون نسبت به گازوئیل خالص افزایش پیدا کرد که ناشی از پایین بودن عدد ستان و ارزش حرارتی بیواویل است. پیشنهاد می‌شود کیفیت احتراقی و شیمیایی بیواویبل بهبود داده شود و قطعات سیستم سوخت رسانی از مواد مقاوم به خوردگی ساخته شود و یا بیواویل در انواع مشعل ها مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بیواویل، پیرولیز، سوخت‌های جایگزین، موتور دیزل

مقدمه

بیواویل یکی از انواع سوخت های بیولوژیک است که در چند دهه اخیر توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. بیواویل به سوخت مایعی گفته می شود که از طریق فرآین دهای ترموشیمایی پیرولیز، مایع سازسی و گازسازی از بیومس و بدست می آید. فرآیند پیرولیز شکست حرارتی مولکولهای بزرگ و تبدیل آنها به مولکولهای کوچکتر در غیاب اکسیژن است که به سه روش پیرولیز سریع، پیرولیز آهسته و پیرولیز خلأ انجام می‌گیرد. بیواویل بر خلاف بیواتنول و بیومتانول که از تخمیر مواد آلی قندی بدست می آیند و بیودیزل که از انواع روغن های گیاهی یا چربی حیوانی تولید می‌شود، از هر ماده آلی قابل استحصال می‌باشد[Bertoli *et al.*, 2000]، این ویژگی یکی از مزایای اصلی سوخت بیواویل نسبت به سایر سوخت‌های بیولوژیک می‌باشد[Memoier, 2003].

تفاوت اصلی بیواویل با سوخت های فسیلی در محتوای اکسیژن آن می‌باشد زیرا بیواویل حاوی 30 تا 40 درصد وزنی اکسیژن می باشد، در حالیکه سوخت های فسیلی فاقد اکسیژن می باشند. وجود اکسیژن در ساختار مولکولی بیواویل، باعث کاهش انتشار ذرات معلق می گردد. محتویات گوگرد موجود در این سوخت در حد صفر است در حالیکه گازوئیل حاوی گوگرد بوده و باعث کاهش انتشار آلاینده ها به هنگام استفاده در موتور دیزل می شود. به طور کلی سوخت بیواویل دوست‌دار محیط زیست بوده و سوختی پاک بشمار می‌آید[Roy *et al.*, 1998].

خواص سوخت بیواویل تا حدودی با سوخت گازوئیل متداول متفاوت بوده و برای استفاده از آن به صورت خالص در موتور دیزل لازم است تغییراتی در موتور دیزل و مخصوصاً سیستم انژکتور به وجود آورد . در صورت عدم ایجاد تغییر در ساختار موتور لازم است که از امولسیون بیواویل با گازوئیل استفاده گردد[Chiaramonti *et al.*, 2005]، یا ساختار آن از طریق مواد افزودنی اصلاح شود . مثلا جهت اصلاح عدد پایین سوخت بیواویل می توان آنرا با سوخت‌های دارای عدد ستان بالا مخلوط کرد. بیواویل ارزش حرارتی پایین تری نسبت به گازوئیل دارد که باعث می شود برای رسیدن به قدرت مساوی در موتور، سوخت بیشتری مصرف شود . چگالی و ویسکوزیته بیواویل نسبت به گازوئیل بالاتر می‌باشد. نقطه روشنایی بیواویل نسبت به سوخت گازوئیل متداول بالاتر است که این به لحاظ ایمنی در مواقع حمل و نقل سوخت حائز اهمیت می‌باشد.

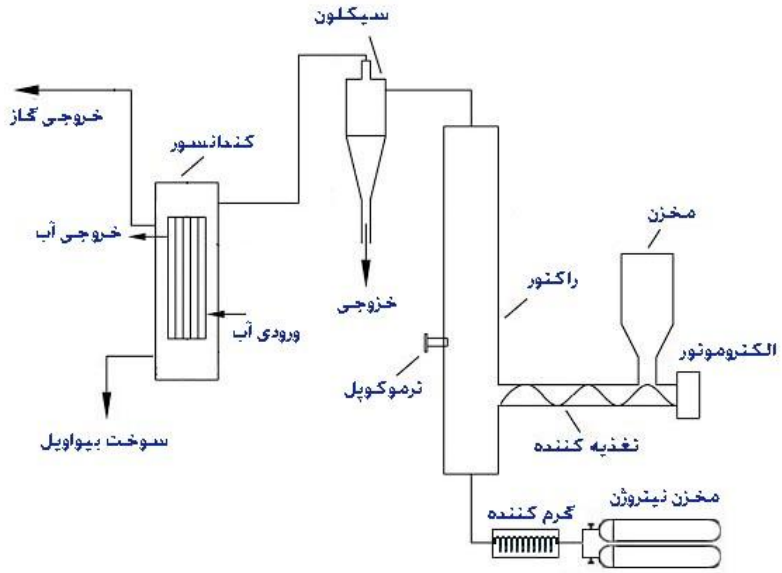
سوخت بیواویل با گازوئیل قابل مخلوط شدن نیست و امولسیون آن با گازوئیل با استفاده از مواد افزودنی مانند انواع هایپرمرها قابل تهیه است . درصورت استفاده از بیواویل بصورت امولسیون با گازوئیل در موتور دیزل نیازی به اصلاح ساختار موتور نیست و کافی است تا قطعات سیستم انژکتور از فولاد محکم و ی ا مواد مقاوم به خوردگی ساخته شوند. همچنین استفاده از سطوح مختلف امولسیون در موتور دیزل، انتشار بسیاری از آلاینده ها نظیر CO و NO_x را کاهش می‌دهد[Chiaramonti *et al.*, 2003] و [Bridgwater *et al.*, 1999].

مواد و روشها

تولید سوخت بیواویل

روش تولید بیواویل در مقایسه با سایر سوخت‌های بیولوژیک، بر پایه تجزیه حرارتی بوده که معمولاً به روش پیرولیز بدست می آید[Bridgwater *et al.*, 1991]. در این تحقیق از روش پیرولیز سریع برای تولید سوخت بیواویل استفاده شد. به منظور فراهم کردن شرایط مناسب برای فرآیند تجزیه حرارتی و همچن ین استحصال سوخت مایع بیواویل در روش پیرولیز سریع، تجهیزات و شرایط خاص حرارتی، مورد نیاز می باشد. در این تحقیق برای تولید سوخت بیواویل یک واحد دستگاه پیرولیز سریع در کارگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی ساخته شد . دستگاه پیرولیز پیوسته شامل رآکتور، مشعل حرارتی، سیکلون، کندانسور، تغذیه کننده، گاز حامل، گرم کننده گاز حامل، منبع حرارتی، ترموکوپل، مارپیچ انتقال بیومس و مخزن بیومس بود. شماتیک دستگاه تولید سوخت بیواویل در شکل(1) نشان داده شده است.

از پارامترهای مؤثر بر عملکرد سوخت بیواویل در فرآیند پیرولی ز سریع می توان به درجه حرارت، نرخ جریان گاز نیتروژن، نوع بیومس انتخابی، توزیع اندازه ذرات حامل حرارتی، نرخ تغذیه و رطوبت ذرات بیومس انتخابی اشاره کرد[Ikura *et al.*, 2003]. تمامی این فاکتورها در طی فرآیند پیرولیز بر روی عملکرد سوخت بیواویل تأثیرگذار می‌باشند. در این تحقیق فرآیند پیرولیز سریع در مقادیر ثابت بررسی شد و اثر تغییر در پارامترهای مذکور مورد بررسی قرار نگرفت. در روش پیرولیز سریع، زمان ماند گازها از اهمیت زیادی برخوردار است . زمان ماند بالا باعث انجام واکنش‌های ثانویه در داخل رآکتور شده و در نتیجه عملکرد فاز مایع کاهش می‌یابد. در این تحقیق زمان ماند گازها در داخل رآکتور کمتر از سه ثانیه بود. فرآیند پیرولیز بر روی ذرات چوب انجام شد زیرا که سلول های چوب از سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است و تجزیه حرارتی آن به سهولت انجام می شود اندازه ذرات چوب کمتر از 2mm و رطوبت آن کمتر 10٪ بود. فرآیند پیرولیز با نرخ تغذیه 1 kg/h انجام شد، نرخ جریان گاز (حامل) نیتروزن 100 ml/min بود و نرخ حرارت اعمال شده به رآکتور 10ºC/min و حرارت نهایی آن 500ºC بود. این دستگاه در صورت بهینه‌سازی قادر به تولید سوخت بیواویل را با عملکرد 50٪ وزنی ماده اولیه می‌باشد.



شکل1- شماتیکی دستگاه پیرولیز سریع برای تولید سوخت بیواویل

اندازه گیری خواص بیواویل تولید شده

بیواویل بدست آمده از فرآیند پیرولیز سریع دارای ارزش حرارتی پایینی بوده و به علت وجود یک مقدار ذاتی آب در ترکیباتش به آسانی م شتعل نمی شود. همچنین سوخت بیواویل از لحاظ خواص فیزیکی و شیمیایی با سوخت گازوئیل تفاوت دارد. سوخت گازوئیل دارای چگالی کمتری نسبت به بیواویل بوده و شامل ترکیبات اصلی آلفنیک اشباع شده و هیدروکربن های آروماتیک (C_9-C_{25}) می‌باشد. از طرفی دیگر سوخت بیواویل به شد ت قطبی می‌باشد لذا این دو سوخت در یکدیگر قابل حل نبوده و مخلوط نمی شوند. اما امولسیون این دو سوخت بوسیله همگن سازی و با استفاده از مواد افزودنی مانند surfactant و co-surfactants بدست می‌آید. مقدار افزودنی‌ها به منظور تولید یک امولسیون پایدار در حدود 0/8-1/5 درصد وزنی می‌باشد[Memoier, 2003].

از مواد امولسیون کننده می توان به هایپرمرها و مواد معرفی شده در مؤسسه CANMET را نام برد. فاکتورهای مؤثر بر تشکیل امولسیون پایدار شامل غلظت بیواویل، غلظت امولسیون کننده، زمان ماند، سرعت به همزنی و درجه حرارت می‌باشد. درجه حرارت معمولاً مابین 50 تا 70°C، سرعت به همزنی مابین 800 تا 1750rpm بوده و زمان ماند به غلظت بیواویل و ماده امولسون کتنده بستگی دارد که از 5 تا 20 دقیقه متغیر می‌باشد.

در این تحقیق به دلیل عدم دسترسی به امولسیون کننده، از روش هیدرولیکی برای تهیه امولسیون استفاده شد. به این منظور مخزنی با ظرفیت 25 لیتر که در قسمت پایین آن یک عدد الکتروپمپ و یک عدد شیر نصب شده بود، ساخته شد که انتقال امولسیون به سیستم انژکتور موتور از طریق شیر انجام می گرفت. به هنگام ریختن گازوئیل و بیواویل در مخزن، بیواویل به علت چگالی بالا تر در پایین و گازوئیل در بالا (بر روی گازوئیل) قرار می‌گرفت که با روشن شدن الکتروپمپ مایع بیواویل از پایین مخزن مکیده شده و از طریق شلنگ به بالای مخزن (بر روی گازوئیل) انتقال می‌یافت. در حین انجام تست موتور، الکتروپمپ همواره روشن بود و لذا حالت امولسیون ا یجاد شده برای 20٪ بیواویل و 80٪ گازوئیل، پایدار بود . به منظور استفاده از سوخت بیواویل در موتور دیزل، مهمترین خواص ترموفیزیکی آن اساس استاندارد ASTM اندازه‌گیری شد که در جدول(2) آورده شده است.

جدول2- خواص ترموفیزیکی سوخت بیواویل تولیدشده

خصوصیت		استاندار ASTM	واحد	بیواویل	گازوئیل
چگالی در 25°C		روش وزنی	kg/m^3	1/041	0/839
ویسکوزیته در 40°C		D445	mm^2/s	1/7	3/09
آب		کارل فیشر	درصد وزنی	20-30	0
PH		PHمتر	-	2/9	6 -7
ارزش حرارتی		D240	Mj/kg	10/846	42/57
عدد ستان		D613	-	13-14	57/33
نقطه روشنایی		D93	°C	55	61
نقطه ریزش		D97	°C	-20	-10
ذرات جامد		غیر قابل حل در اتانول	درصد وزنی	0/09	0
عناصر موجود	کربن	GC-MAS	درصد وزنی	49/88	85/05
	اکسیژن			41/80	0
	هیدروژن			7/56	14/90
	نیتروژن			0/76	0
	گوگرد			0	0/05

آزمون موتور

در این تحقیق، به منظور بررسی تأثیر سوخت بیواویل بر موتور دیزل، امولسیونی از 20٪ بیواویل و 80٪ گازوئیل گازوئیل بر روی موتور دیزل OM 314 LA ساخت شرکت ایدم تبریز مورد آزمایش قرار گرفت . آزمون بر اساس استاندارد 13 مد ECE R_94 انجام گرفت و تمامی پارامترهای عملکردی و آلایندگی ج هت مقایسه ثبت گردید. قبل از شروع آزمون سوخت بیواویل، موتور با گازوئیل معمولی به مدت 15 دقیقه تحت بار کامل شروع به کار نمود تا اینکه موتور کاملاً گرم شد و آماده آزمون گردید . سپس موتور خاموش شد و پیچ تخلیه پمپ انژکتور باز شد و پس از تخلیه محکم بسته شد . سپس شیر خروجی مخزن امولسیون بیواویل و بیودیزل، به ورودی دبی سنج و به سیستم سوخت‌رسانی متصل گردید. و در نهایت تاثیر افزودن 20٪ سوخت بیواویل تولید شده بر روی موتور دیزل مورد آزمون قرار گرفت.

جدول 3- مشخصات فنی موتور دیزل OM 314 LA EU

نوع موتور	دیزل با پاشش غیر مستقیم	-
تعداد سیلندر	چهار سیلندر، عمودی و خطی	-
قطر پیستون	97	mm
کورس پیستون	128	mm
حجم جابجایی	3/81	Lit
نسبت تراکم	17:1	
حداکثر توان در دور 1800rpm	81	kW
حداکثر گشتاور در دور 1400 تا 2000rpm	340	M-m

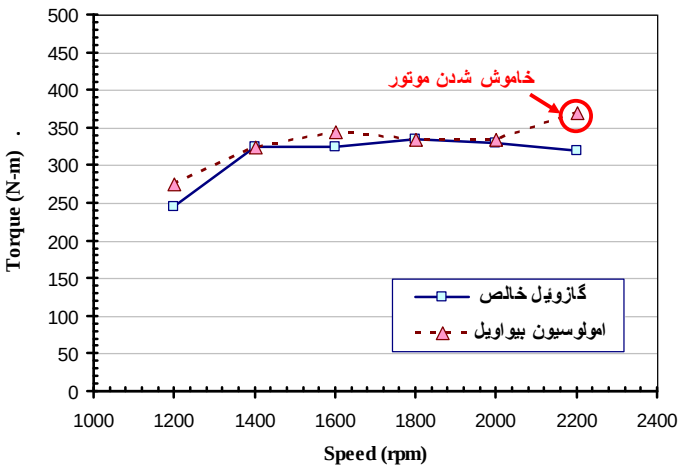
حداکثر دور موتور	2800	rpm

تجهیزات مورد استفاده برای اندازه گیری پارامترهای مختلف عملکرد و آلایندگی موتور شامل دینامومتر مورد استفاده از نوع مغناطیسی مدل E400 ساخت شرکت توسعه صنایع ریزابزار پویا بود. حسگرها دمای هوای ورودی و دمای اگزوز از نوع ترموکوپل K و J بودند. دبی‌سنج اندازه‌گیری مقدار مصرف سوخت از نوع وزنی ساخت شرکت توسعه صنایع ریززابزار پویا بود . برای اندازه‌گیری میزان آلاینده ها از یک آلاینده سنج نوع سیگنال مدل DiGass ساخت شرکت AVL اتریش استفاده شد . دور موتور نیز از طریق یک دستگاه دور سنج نوع دیجیتالی ساخت شرکت توسعه صنایع ریززابزار پویا اندازه گیری شد. تمامی حسگرهای متصل به موتور، به یک کامپیوتر متصل شده بودند. کامپیوتر با استفاده از برنامه خاصی قادر به ثبت همزمان پارامترهای مختلفی مانند توان، گشتاور، دور موتور، دمای ورودی و خروجی آب و دمای روغن بود.

نتایج و بحث

نتایج تجربی آزمون سوخت بیواویل بر روی موتور دیزل، بر اساس مشاهدات حاکی از این واقعیت است که در شروع به کار موتور (استارت)، روشن شدن موتور با استفاده از امولسیون، اندکی با مشکل مواجه بود، زیرا بیواویل بطور ذاتی حاوی 20 تا 30٪ آب در ساختار مولکولی خود می باشد و این امر باعث کاهش ارزش حرارتی آن شده است. علاوه بر آن، عدد ستان بیواویل در حدود 14-13 بوده که در مقایسه با گازوئیل بسیار پایین می باشد. همچنین سوخت بیواویل دارای چگالی بالاتری نسبت به گازوئیل می باشد به طوریکه باعث اتمیزه شدن نامطلوب آن شده و شروع به کار موتور را با مشکل مواجه می‌کند(شکل 2).

پس از روشن شدن موتور با استفاده از امولسیون، بعد از گذشت مدت زمان حدود 20 دقیقه موتور ناگهان خاموش گردید. خاموش شدن موتور در اثر گرفتگی فیلتر سوخت، گرفتگی انژکتورها، خوردگی قسمت هایی از سیستم سوخت‌رسانی و دوفازی شدن امولسی ون قبل از ورود به انژکتورها، اتفاق افتاد . پس از باز کردن فیلتر سوخت، مشاهده شد که بخش زیادی از منافذ فیلتر مسدود شده است، زیرا سوخت بیواویل دارای مقادیری خاکستر می‌باشد. همچنین پس از خاموش شدن موتور، انژکتورها باز شد و با سوخت گازوئیل مورد آزمایش و تست قرا ر گرفت. مشاهده شد که نازل ها و مجاری انژکتورها مسدود نشده است، عدم گرفتگی انژکتورها حاکی از این واقعیت است که خاکستر و ذرات جامد بصورت کامل در فیلتر جداشده و وارد انژکتور نشده است(شکل 2).



شکل 2- تأثیر سوخت بیواویل بر گشتاور ترمزی موتور

بیواویل سوختی اسیدی بوده و PH آن در حدود 2/9 می باشد که موجب خورندگی می شود. مشاهدات عینی پس از بررسی انژکتورها، خوردگی نازل ها و سوزن‌ها را تأیید می کند. همچنین با تست پمپ انژکتور مشاهده گردید که ÷م÷ انژکتور فشار لازم را برای باز شدن انژکتورها و انجام عمل پاشش، تامین نمی کند که دلیل آن خوردگی قطعات داخلی پمپ انژکتور و گشاد شدن مجاری آن می باشد . دلیل دیگر خاموش شدن موتور دو فازی شدن امولسیون سوخت بیواویل در حرارت‌های بالا می باشد. بیواویل به لحاظ ساختار شیمیایی سوخت ناهمگنی می باشد که در حرارت‌های بالای 70°C از حساسیت بالایی برخوردار است و احتمال ایجاد تغییرات شیمیایی در ساختار آن وجود دارد. درجه حرارت انژکتورها به مراتب بالاتر از 70°C بوده که به صورت مستقیم بر روی ساختار شیمیایی بیواویل تأثیرگذار می باشد. تغییرات شیمیایی در ساختار بیواویل باعث رسوب کردن و همچنین دوفازی شدن امولسیون می‌شود. دوفازی شدن امولسیون در داخل نازل ها و مجاری انژکتورها، قبل از تزریق به محفظه احتراق، باعث می‌شود که درصد بیواویل تزریق شده به داخل محفظه احتراق به صورت خالص و یا درصد بالایی از بیوایل، به محفظه احتراق پاشیده شود . تزریق بیواویل خالص یا درصدهای بالای آن به علت پایین بودن عدد ستان، باعث احتراق ناقص و خاموش شدن موتور می شود. در طول مدت کار موتور با امولسیون سوخت بیواویل، پارامترهای عملکرد موتور در شرایط بدون بار برای دورهای 1200، 1400، 1600، 1800، 2000 و 2200 اندازه‌گیری شده بود. نتایج حاکی از این واقعیت است که گشتاور موتور با استفاده از امولسیون بیواویل نسبت به گازوئیل خالص تقریبا برابر است، یا به عبارت بهتر افزودن 20٪ سوخت ارزان قیمت بیواویل به گازوئیل می تواند گشتاور تولید شده را در یک موتور دیزل حفظ کند.

نتیجه‌گیری

قیمت پایین، سوخت بیواویل را از سایر سوخت های بیولوژیک متمایز می کند، زیرا منابع تولیدی نامحدودی دارد و تقریبا از هر ماده آلی قابل تولید است . در مقایسه با سایر سوخت های بیولوژیک، سوخت بیواویل دارای مزایای عمده‌ای می‌باشد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: سوخت بیواویل ارزان‌ترین سوخت مایع به شمار می رود زیرا از هر ماده‌ای به روش پیرولیز تولید کرد . قابل استفاده در انواع تجهیزات تولید قدرت با مقیاس های کوچک و بزرگ می‌باشد. ذخیره و انتقال آن به سادگی امکان پذیر می باشد. استفاده از سوخت بیوایل در موتور دیزل به فیلتر و قطعات داخلی پمپ ا نژکتور آسیب می رساند فلذا در صورت اصلاح ساختار آن، قابل استفاده در موتورهای دیزل متداول می باشد. پیشنهاد می شود جهت قابل استفاده بودن سوخت بیواویل در موتورهای دیزل متداول، قطعات انژکتور (نازل‌ها و سوزن ها) و پمپ انژکتور که از حساسیت بالایی برخوردار هستند، از مواد مستحکم و مقاوم به خوردگی ساخته شوند. در حال حاضر استفاده از سئخت بیواویل تنها در مشعل های حرارتی موجه است.

منابع

Bertoli, C., Dalessio, J., Delgiacomo, N., Lazzaro, M., Massoli, V., (2000), Running Light-duty DI diesel engine with wood pyrolisisi oil, Proceeding of international fall fuels and lubricants meeting and exposition, Baltimore, MD, SAE paper.

Bridgwater, A.V., Bridge, S.A., (1991), A reviwes of biomass pyrolisis and pyrolisis technologies", Biomass pyrolisis liquid, upgrading and utilization. EDS., Bridgwater, A.V and grassi, G., Elsevier Essex, England, 2-92.

Bridgwater, A.V., Meier, D., Radlein, D., (1999), An overwive of fast pyrolisis of biomass. Organic Geochemistry, 30, 1749-93.

Chiaramonti, C., Bonini, M., Frotini,G., Gartner,K., Bridgwater, A.V., Grimm, H.P., Soldini, I., Webster, A., Baglioni, P., (2003), Deveopment of emulsions from biomass pyrolisis liquid and diesel and their use in engines- part 1 Emulision productions, Biomass and bioenergy, 25, 85-99.

Chiaramonti, C., Bonini, M., Frotini,G., Gartner,K., Bridgwater, A.V., Grimm, H.P., Soldini, I., Webster, A., Baglioni, P., (2003), Deveopment of emulsions from biomass pyrolisis liquid and diesel and their use in engines- part 2: Emulision productions, Biomass and bioenergy, 25, 101-11.

Chiaramonti, D., Oasmaa, A., Solantausta, Y., (2005), Power generation using fast pyrolisis liquids from biomass",Renewable and sustainable energy Reviwe., in press.

Ikura, M., Stanciulescu.M., Hogan,E., (2003), Emulisification of pyrolisis derived bio-oil in diesel fuel", Biomass and bioenergy, 24, 221-32

Memoier, p., (2003), Coloidal Properties of Bio-Oil Obtained By Vacuum Pyrolisis of Softwood Burk Residues, Ms.c thesis, Department of chemistry, the lawa university.

Roy, C., Lemieux. R., de coumia, B., ., Blanchette. D., (1998), processing of wood chips in a semi-continious multiple-herth vacume pyrolisis reactore, American chemical society, symposium series, 376, 17-30.