



دانشگاه گیلان، دانشکده علوم و فنآوری

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هجدهم، شماره دوم، ۱۳۹۰

www.gau.ac.ir/journals

شناسایی ترکیبات شیمیایی به دست آمده از پیرولیز چوب گردو در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از روش GC/MS

* رامین فارسی^۱ و سیداحمد میرشکرایی^۲

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد،

^۲ استاد گروه شیمی، دانشگاه پیام نور

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

چکیده

گردو درختی پهن‌برگ است که به صورت دست‌کاشت در باغات و به صورت خودرو در مناطق کوهستانی کشور یافت می‌شود. در این پژوهش جداسازی و شناسایی ترکیبات شیمیایی به دست آمده از پیرولیز چوب گردو بررسی شد. پیرولیز چوب گردو در راکتور بستر ثابت و در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و در جو نیتروژن به مدت ۲۰ دقیقه انجام پذیرفت. جداسازی و شناسایی ترکیبات در نمونه‌های استخراج شده با مشتق‌سازی توسط بیس تری متیل سایلایل تری فلئوئورو استامید و استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی و مطالعه طیف‌های جرمی انجام شد. در مجموع ۱۰ ترکیب شناسایی شدند. فراوان‌ترین ترکیب موجود لووگلوکوزان و آلفا-L-گالاکتوفورانوزید بود که به میزان ۴۹ درصد مواد مشتق شده را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات به ترتیب از پیرولیز سلولز و همی سلولز موجود در دیواره سلول چوبی که پیش ترکیب اصلی در تشکیل دیواره سلول می‌باشند به دست آمده است. سایر مواد شناسایی شده مهم در دمای ۳۵۰ درجه شامل، سایلان، ۱- متوکسی - ۳ - (۲- فنیل اتنیل) - بنزن، ۲،۳،۱- بوتان تری آل، تری کوزان، پروپانوئیک اسید و اکتا متیل تری سیلوکسیان بود.

واژه‌های کلیدی: پیرولیز، چوب گردو، راکتور بستر ثابت، کروماتوگرافی گازی، طیف‌سنج جرمی

* مسئول مکاتبه: ramin.farsi@gmail.com

مقدمه

شناخت ترکیبات شیمیایی چوب و ترکیبات شیمیایی به دست آمده از تیمارهای مختلف آن می‌تواند به شناخت بیش‌تر چوب و مواد قابل جداسازی از آن کمک نماید. براساس پژوهش‌های انجام گرفته، ساختار شیمیایی چوب‌های مختلف با هم متفاوت است که این امر سبب می‌گردد تا ترکیبات شیمیایی به دست آمده از پیرولیز چوب‌های مختلف نیز دچار تغییر گردد. همچنین تغییر شرایط واکنش نیز در نوع محصولات مؤثر می‌باشد، به همین دلیل مناسب است که انواع گونه‌های مختلف لیگنوسولزی را در شرایط مختلف واکنش - مانند دما، فشار، محیط واکنش، زمان و نحوه حرارت‌دهی - مورد پژوهش قرار داده تا در هر مورد محصولات به دست آمده مورد شناسایی قرار بگیرند.

با تیمار چوب در دماهای بالا، این ماده تجزیه شده و به فرآورده‌های شیمیایی سبک مولکول تبدیل می‌گردد. گازهای به دست آمده از این عمل در سنتز شیمیایی یا به عنوان سوخت پس از تبدیل شدن به مایع مصرف می‌شوند. مواد جامد باقی مانده، بسته به نوع فرآورش می‌توانند به عنوان ذغال فعال در صنایع مختلف مانند استخراج نفت، استخراج فلزات، تصفیه آب، صنایع دارویی و بسیاری از کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار گیرند.

پیرولیز (گرماکافت) به فرآیندی گفته می‌شود که مواد را در جو گاز بی‌اثر در اثر حرارت تجزیه می‌کند. از پیرولیز چوب انواع فرآورده‌های شیمیایی مانند متانول، اسید استیک، استون، ترکیبات فنولی متفاوت، قطران چوب، سرینجول، رزورسینول و نظایر آن‌ها به دست می‌آید.

تبدیل حرارتی چوب، به تولید مخلوط بسیار پیچیده‌ای از ترکیب‌های مختلف منتهی می‌شود که جداسازی آن‌ها فقط با استفاده از فنون جداسازی کارآمد میسر است. یکی از مناسب‌ترین فنون جداسازی و شناسایی مواد و ترکیبات آلی روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی (GC/MS)^۱ می‌باشد. قدرت تفکیک بسیار زیاد ستون‌های موئینه در سیستم کروماتوگرافی گازی، این روش را به تکنیکی بسیار کارآمد در آنالیز ترکیبات پیچیده‌ای مانند مواد استخراجی و مشتقات روغنی به دست آمده از پیرولیز تبدیل کرده است. همچنین، کروماتوگرافی گازی قادر است مقدار ترکیبات مختلف موجود در روغن‌های پیرولیزی را با استفاده از ستون‌های کوتاه به صورت کمی تعیین کند.

طبق مطالعات انجام شده، در ایران تجزیه حرارتی چوب و پوست درختان و مواد زیست‌توده به دلیل در دسترس بودن مواد فسیلی ارزش قیمت کم‌تر مورد توجه محققان بوده است. نیک‌آذر (۱۹۹۳)،

1- Gas Chromatography and Mass Spectrophotometry

تبدیل حرارتی چوب راش را مورد بررسی قرار داده و تأثیر عوامل متغیر شامل دمای پیک، زمان اقامت در دمای پیک، شدت حرارت‌دهی، اندازه ذرات، شستشوی اسیدی چوب، بارورسازی چوب با کاتیون‌های فلزی سدیم، پتاسیم و کلسیم، فشار اتمسفر و گاز داخل راکتور را بر روی میزان محصولات اصلی (ذغال، قطران، روغن‌های سبک و گازها) و همچنین بر روی جرم ملکولی قطران در پیرولیز سریع چوب مورد مطالعه قرار داد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که دمای پیک، شدت حرارت‌دهی و زمان اقامت، پارامترهای مهم و تعیین‌کننده در رفتار چوب در پیرولیز می‌باشند. هر چند که شستشوی با اسید و اثر کاتالیستی کاتیون‌های مختلف در چوب نیز تأثیر به‌سزایی بر روی توزیع محصولات به‌خصوص گازها و قطران و جرم ملکولی آن دارد.

فارسی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه محصولات به‌دست آمده از پیرولیز صنوبر در دمای ۳۰۰ و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و در جو نیتروژن، ۸ ترکیب را در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۵ ترکیب را در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد شناسایی قرار دادند. فراوان‌ترین ترکیبات موجود در روغن‌های پیرولیزی در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد ۱،۲- بنزن دی کربوکسیلیک اسید بیس (۲- اتیل هگزیل) استر و پنتانوئیک اسید اعلام شد که ۵۰ درصد از کل محصولات را به خود اختصاص داده و در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، فراوان‌ترین ترکیب، گالاکتورونیک اسید می‌باشد که ۷۰ درصد از کل محصول به‌دست آمده از پیرولیز را تشکیل می‌دهد.

اما در خارج از کشور و به‌خصوص پس از بحران نفتی دهه ۷۰ میلادی، در رابطه با تجزیه حرارتی چوب و پوست منابع لیگنوسولولزی مطالعات متعددی انجام شده است.

أبست (۱۹۸۳) با پیرولیز چوب دو گونه کاج تدا و بلوط و با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی توانست بیش از ۵۰ ترکیب فنلی مختلف را در بین سوزنی‌برگان شناسایی کند. فیکس و همکاران (۱۹۸۸) و گاردنر و همکاران (۱۹۸۵) بر روی پیرولیز گونه‌های نوئل، راش و بامبو مطالعاتی انجام دادند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در بین ترکیبات دیگر موجود در چوب لیگنین بیش‌ترین مقاومت حرارتی را دارا می‌باشد و نمودار 1TG و 2DTG گرفته شده نشان می‌دهد که کاهش وزن، با روش تجزیه لیگنین و طبیعت گونه چوبی ارتباط دارد. بیش‌ترین نسبت کاهش وزن بین دمای ۴۰۷-۳۶۰ درجه سانتی‌گراد برای لیگنین چوب آسیاب شده نوئل، راش و بامبو به‌دست آمد.

1- Thermo Gravimetry Analysis

2- Differential Thermo Gravimetry Analysis

اینجمرسون و همکاران (۱۹۹۸) نمونه‌های کوچکی از پوست و چوب گونه بید را به صورت جداگانه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد پیرولیز قرار داده و ترکیبات به دست آمده را توسط دو روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌بینی جرمی (GC/MS) و کروماتوگرافی گازی-طیف‌بینی تبدیل فوریه زیر قرمز و زایل‌شونده القایی (GC/FTIR/FID)^۱ بررسی کردند. در پایان ترکیبات مختلف با وزن مولکولی کم شامل اسیدهای آلیفاتیک، آلدئیدها، کتون‌ها و... و ترکیبات با وزن مولکولی زیاد مانند فنل‌ها، متیل فنل‌ها، گویایاکول، سیرینجیل و... به دست آمد که با ترکیبات به دست آمده از دو گونه توس و نراد به عنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. این پژوهش نتایج آزمایش‌های قبل را تأیید کرد و بیان می‌کند که در سوزنی‌برگان ترکیب سیرینجول یافت نمی‌شود.

کن- ایچی کرودا (۲۰۰۰) پیرولیز گونه سدر ژاپنی را بررسی کرد و با استفاده از پیوند تری متیل سایلیل (TMS)^۲ با محصولات پیرولیز، روغن‌های سایلیل‌دار شده را توسط روش GC/MS مورد بررسی و شناسایی قرار داد. پس از آن که نمونه‌های لیگنین و سیناپیل الکل توسط بیس تری متیل سایلیل تری فلوئورو استامید (BSTFA)^۳ سایلیل‌دار شدند، توسط روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌بینی جرمی شناسایی شدند. هدف از سایلیل‌دار کردن ترکیبات آن بود که TMS در موقعیت OH به مولکول اتصال یافته و پیک‌های به دست آمده را آشکارتر کند.

هاگدورن و همکاران (۲۰۰۲) پیرولیز سه گونه گردو، کاج اسکات و ممرز تحت تأثیر نمک‌های معدنی را مورد بررسی قرار داده و روغن‌های حاصل، توسط GC/MS و کروماتوگرافی گازی و زایل‌شونده القایی (GC/FID) و روش ترموگراویمتری (TGA)^۴ آنالیز شدند. نتایج نشان دادند که نمک‌های پتاسیم مقدار لووگلوکوزان در روغن پیرولیزی را کاهش می‌دهد.

زندرسونس و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه پیرولیز باگاس ترکیبات شیمیایی مختلف را با استفاده از تکنیک GC/MS مورد بررسی قرار داده و محصولات مختلف را براساس گروه‌های عاملی تقسیم‌بندی نمودند. در اثر پیرولیز آرام باگاس با افزایش دما مقدار کمی بر روی روغن‌های پیرولیزی، قطران و گازهای به دست آمده از پیرولیز تأثیر می‌گذارد. همچنین در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین ترکیب مشاهده شده را اسیدهای آلی تشکیل می‌دهند.

1- Gas Chromatography and Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Free Induction Decay

2- Three Metil Sailil

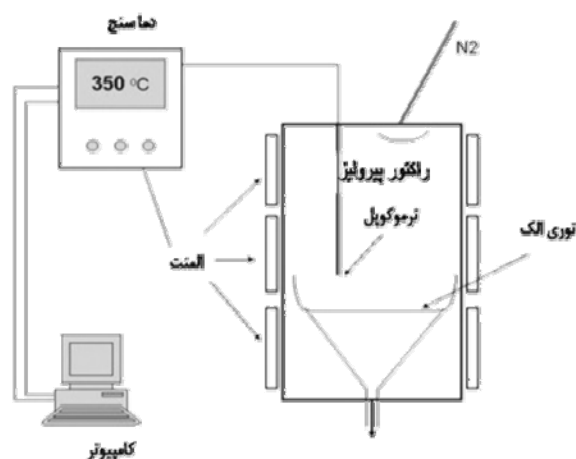
3- BSTFA: N,O-Bis (Three Metil Sailil) Three Floro Acetamid

4- Thermo Gravimetry Analysis

این پژوهش به منظور بررسی کارایی روش پیرولیز در تبدیل چوب به ترکیب‌های شیمیایی مهم و با ارزش افزوده زیاد و درک دقیق‌تر از ساختار شیمیایی چوب گونه گردو انجام شده است. با توجه به این‌که در حال حاضر منبع اصلی تهیه مواد شیمیایی در مقیاس صنعتی و کاربردی، منابع فسیلی می‌باشد و این منابع خواه ناخواه روزی به اتمام می‌رسند و یا شرایطی به وجود می‌آید که دیگر بهره‌برداری از آن‌ها اقتصادی نخواهد بود، بنابراین ضروری است برای تبدیل مواد تجدیدشونده لیگنوسلولزی و همچنین سایر مواد زیست‌توده مانند پسماندهای زراعی و شهری به فرآورده‌های شیمیایی با ارزش افزوده بالا، راه‌های مؤثر، پربازده و جدید یافت شوند.

مواد و روش‌ها

ساخت دستگاه: با توجه به نبود راکتور پیرولیز مورد نیاز در انجام این پژوهش، راکتور بستر ثابتی با توانایی کنترل دما گاز ورودی و دمای فضای داخلی راکتور ساخته شد. شکل ۱ طرح‌واره دستگاه و اجزای مختلف آن را نشان می‌دهد. در این دستگاه گاز ورودی N_2 قبل از تزریق به داخل دستگاه می‌تواند تا دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده و سپس گاز گرم به داخل دستگاه تزریق گردد. این کار با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته توسط نیک‌آذر سبب افزایش راندمان گاز و میعانات پیرولیزی می‌شود و از تشکیل مواد جامد جلوگیری می‌نماید. کنترل دمای گاز داخل دستگاه و همچنین ثبت تغییرات دمایی توسط کامپیوتر انجام می‌پذیرد (نیک‌آذر، ۱۹۹۳).



شکل ۱- طرح‌واره راکتور پیرولیز.

تهیه نمونه: نمونه چوب مورد مطالعه گردو (*Juglans regia*) از شهر ملایر- روستای تاجر سامن- تهیه شد. نمونه‌ها ابتدا برای مدتی در داخل کارگاه رطوبت خود را از دست دادند و پس از کاهش نسبی رطوبت و پوست‌کنی توسط رنده کارگاهی به پوشال تبدیل شدند. پوشال‌ها پس از خشک شدن نسبی، توسط آسیاب آزمایشگاهی دانشگاه آزاد کرج به آرد چوب تبدیل شد و سایر مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها در مجتمع آزمایشگاهی واحد علوم و تحقیقات انجام گردید.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی: برای تهیه نمونه برای اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی آن از استاندارد TAPPI T 257 CM-85 استفاده شد. اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی، براساس استانداردهای تاپی به شرح زیر صورت گرفت:

- تعیین مواد استخراجی طبق استاندارد T 204 cm-97

- تعیین آلفا سلولز و هولوسلولز براساس روش انحلال لیگنین توسط کلریت سدیم

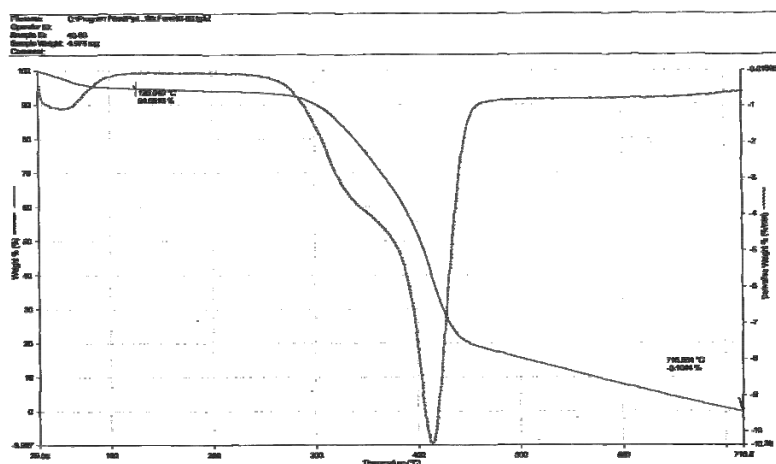
- اندازه‌گیری لیگنین کلاسون براساس استاندارد T 222 om-98

- اندازه‌گیری خاکستر طبق استاندارد T 211 OM-93

تعیین دمای پیرولیز: ابتدا برای آشنایی با پیرولیز چوب و شناسایی وضعیت عمومی ترکیبات و دمای پیرولیز بسپارهای مختلف درون ساختار چوب آزمایش گرما وزن‌سنجی انجام پذیرفت. این آزمایش‌ها با شدت ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و با اندازه ذرات ۴۰-۲۰ (شکل ۲) در محیط هلیوم و تا دمای پیک ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد با دستگاه گرما وزن‌سنجی انجام شد. سپس با توجه به نتایج به‌دست آمده از منحنی‌های TG و DTG و هدف این پژوهش، نمونه‌های موردنظر در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و در راکتور پیرولیز ساخته شده و در جو گاز بی اثر- نیتروژن- پیرولیز گردید.

تعیین زمان پیرولیز: تعیین زمان مناسب برای پیرولیز با استفاده از تکرار چندین آزمایش به‌دست آمد. به این منظور چندین بار نمونه‌هایی را در داخل راکتور قرار داده و شرایط وزنی قبل و بعد از پیرولیز مورد بررسی قرار گرفت و پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها زمان ۲۰ دقیقه برای نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شد.

تعیین جو آزمایش: جو انتخاب شده برای پیرولیز گاز نیتروژن می‌باشد. طبق پژوهش‌های صورت گرفته توسط نیک‌آذر (۱۹۹۳)، جو آزمایش می‌تواند در کیفیت و کمیت محصولات نهایی تأثیرگذار باشد. پیش از ورود گاز به داخل راکتور، تا دمای ۳۰۰ درجه گرم شد. مطابق با پژوهش‌های صورت گرفته و گزارش‌های ارایه شده این امر سبب می‌گردد که سرعت پیرولیز افزایش یافته و بازده مایعات و روغن‌های پیرولیزی بیش‌تر گردد.



شکل ۲- منحنی ترموگراویمتری آرد چوب با مش ۸۰-۴۰.

سرد کردن و تبرید بخارهای پیرولیزی: به منظور سرد کردن بخارهای به دست آمده از پیرولیز، گازهای به دست آمده از داخل لوله‌ای مسی به طول ۷ متر که در داخل مخلوط آب و یخ و نمک قرار داشت عبور داده و در انتها توسط یک جمع‌کننده، جمع‌آوری شد. روغن‌هایی نیز که در داخل لوله به مایع تبدیل شده بودند در انتها با شستشو توسط حلال استحصال گردید.

مشق‌سازی: با توجه به آن‌که روغن‌های استحصال شده شامل مولکول‌های سبک و سنگین به صورت درهم بودند، برای جلوگیری از بروز مشکل هنگام جداسازی و شناسایی و همچنین محاسبات کمی، توسط ترکیب واکنش گر N، O بیس (تری متیل سایللیل) تری فلوئورواستامید عمل سایللیل‌دار کردن روغن‌ها انجام شد تا دمای تبخیر آن‌ها کاهش یابد و جداسازی و شناسایی راحت‌تر صورت پذیرد. سپس توسط دستگاه GC/MS مدل HP-6890 با مشخصات ذکر شده در جدول ۱ عملیات جداسازی و شناسایی انجام شد.

جدول ۱- مشخصات دستگاه کروماتوگرافی و طیف‌سنجی جرمی.

مدل: HP-6890; ستون: HP-SMS (30m × 0.25 μ.m); گاز حامل: He	دستگاه: GC
جریان: 1 mL × min ⁻¹ ; برنامه دمایی: 250 °C × min ⁻¹ 6 °C (3 min) 60 °C دمای تزریق: 250 °C	
مدل: HP-S973; EI=70 ev	دستگاه: MS

نتیجه و بحث

آنالیز شیمیایی ترکیبات: ترکیبات شیمیایی چوب گردو براساس آنالیز به روش‌های استاندارد تاپی تعیین شد و نتایج در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی چوب گردو.

ترکیب	هولوسلولز (درصد)	آلفا سلولز (درصد)	همی سلولز (درصد)	لیگنین کلاسون (درصد)	مواد استخراجی (درصد)	خاکستر (درصد)
چوب گردو	۶۷/۴	۴۸/۹	۱۸/۶	۲۵/۹	۴/۱	۰/۷

پارامترهای انجام آزمایش مطابق با جدول ۳ انتخاب و نتایج زیر به دست آمد:

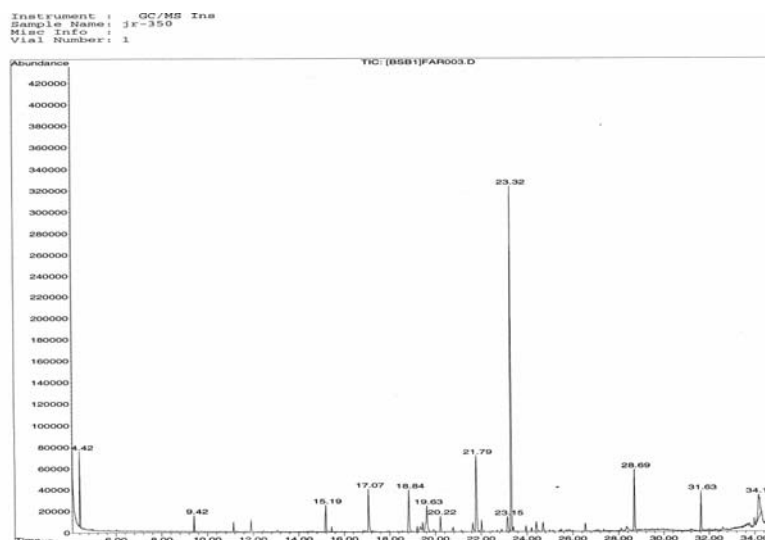
جدول ۳- پارامترهای آزمایش و وزن محصولات به دست آمده.

گونه	دما (درجه سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	وزن اولیه (گرم)	وزن ذغال (گرم)	وزن روغن (سانتی‌مترمکعب)
چوب گردو	۳۵۰	۲۰	۵	۱/۲	۲/۶

آنالیز طیف‌های GC/MS: همان‌طور که در طیف GC (شکل ۳) و جدول ۴ مشاهده می‌گردد از پیرولیز چوب گردو در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد ۱۲ ترکیب شناسایی شدند که بیش‌تر از تجزیه همی سلولزها و سلولز به دست آمده‌اند. بیش‌ترین ترکیبات در این دما مربوط به لووگلوکوزان و آلفا-L-گالاکتوفورانوزید است که ۴۹ درصد از کل محصولات را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۴- ترکیبات شناسایی شده به دست آمده از پیرولیز گردو در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

نام پیشنهادی ترکیب	زمان ماندگاری	درصد فراوانی	وزن یون مولکولی	فرمول مولکولی پیشنهادی
اکتا متیل تری سیلوکسیان	۴/۴۳	۵/۷۶	۲۲۴	$C_8H_{16}O_7Si_3$
اتان دی اوئیک اسید	۹/۴۲	۱/۳۲	۲۰۵	$C_8H_{18}O_5Si_2$
سایلان	۱۵/۱۹	۹/۴۳	۳۰۹	$C_{12}H_{22}O_7Si_2$
۱- متوکسی - ۳ - (۲- فنیل اتیل) - بنزن	۱۸/۸۴	۶/۲۴	۲۷۱	
۱،۲،۳- بوتان تری آل	۱۹/۶۳	۵/۴۰	۲۶۱	$C_3H_7(OH)_3$
دی‌متوکسی بنزوئیک اسید	۲۰/۲۲	۱/۷۸	۲۵۵	
آلفا-L- گالاکتوفورانوزید	۲۱/۷۹	۱۲/۰۷	۲۶۱	
لووگلوکوزان	۲۳/۳۱	۳۶/۸۷	۳۳۶	$C_6H_{10}O_6$
۳- [۴- (تترادسیل) اکسی] فنیل، ۲- پروپانوئیک اسید	۳۱/۶۳	۴/۴	۴۷۰	
تترا کوزان	۳۴/۱۶	۶/۶۵	۴۱۴	$C_{24}H_{50}$



شکل ۳- طیف کروماتوگرافی گازی روغن‌های به‌دست آمده از پیرولیز گردو در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

با توجه به جدول ۵ بیش‌ترین میزان ترکیبات به‌دست آمده را آلدئیدها تشکیل می‌دهند که محصول اصلی پیرولیز کربوهیدرات‌های موجود در داخل چوب می‌باشند. این امر به نوعی بیان‌کننده این واقعیت است که دمای انتخابی برای تجزیه لیگنین که مقاوم‌ترین بسپار در برابر حرارت در داخل چوب می‌باشد کافی نبوده و مشاهده ترکیبات فنلی در داخل روغن‌ها با توجه به امکان تجزیه لیگنین‌های سبک مولکول که با همی سلولزها پیوند برقرار کرده‌اند می‌باشد. این نتیجه با نتایج به‌دست آمده توسط زندرسونس و همکاران (۱۹۹۹) و فیکس و همکاران (۱۹۸۸) یکسان است. بر طبق مطالعات فیکس و همکاران لیگنین مقاوم‌ترین بسپار در چوب می‌باشد که در برابر حرارت تجزیه می‌گردد و زندرسون بیان می‌کند که در دماهای کم بیش‌تر ترکیبات پلی‌ساکارید می‌باشند که مورد تجزیه قرار می‌گیرند. ولی با افزایش دما ترکیبات فنلی در محصولات به‌دست آمده از واکنش مشاهده می‌گردند که ناشی از تجزیه آرام لیگنین می‌باشد.

جدول ۵- درصد ترکیبات شیمیایی به‌دست آمده از پیرولیز گردو.

گونه	دما	اسید	الکل‌ها	کتون‌ها	استرها	آلدئیدها	فورفورال‌ها	فنل‌ها	ذغال	گاز	مایعات
گردو	۳۵۰	۷/۵	۵/۴۰	-	-	۵۸/۵	-	۶/۲۴	۲۴	۲۴	۵۲

منابع

1. Faix, O., Jakab, E. and Till, F. 1988. Study on low mass thermal degradation products of mill wood lignin by thermogravimetry-mass spectrometry. *Wood Sci. Technol.* 22: 323-334.
2. Farsi, R., Mirshokraei, A., Hemassi, A., Khademi eslam, H. and Faezipour, M. 2008. Separation and identification of compounds at pyrolysis oil of lignocellulosic materials by GC/MS. 1-Populous spp. *J. Agric. Sci.* 13: 4. 1029-1043. (In Persian)
3. Gardner, D.J., Schultz, T.P. and McGiinnis, G.D. 1985. The pyrolytic behavior of selected lignin preparation. *J. Wood.* 5: 1. 85-110.
4. Hagedorn, M., Muller, Bockhorn, H., Krebs, L. and Müller, U. 2002. Investigation of thermal degradation of three wood species as initial step in combustion of biomass *Proceedings of the Combustion Institute*, 29: 399-406.
5. Ingemansson, A.N., Pederson, J.R. and Olsson J.O. 1998. Slow Pyrolysis of willow (*Salix*) studied with GC/MS and GC/FTIR/FID. *Chemosphere*, 39: 1. 103-112.
6. Ken-Ichi, K. 2000. Pyrolysis-trimethylsilylation analysis of lignin: preferential formation of cinapyl alcohol derivatives. *J. Anal. and Appl. Pyrol.* 56: 79-87.
7. Nikazar, M. 1993. Investigation possible productivity of curious chemical compounds such as serinjol, guaiacul & resorcinol by pyrolysis of wood. Amirkabir University. Chemical engineering department. Ph.D. Thesis. (In Persian)
8. Obst, J.R. 1983. Analytical Pyrolysis of hardwood and softwood lignins and its use in lignin type determination of hardwood vessel elements. *J. Wood Chem. Technol.* 3: 4. 377-397.
9. Zandersons, J., Gravitisb, J., Kokorevicsa, A., Zhurinsha, A., Bikovensa, B., Tardenakaa, A. and Spincea, B. 1999. Studies of the Brazilian sugarcane bagasse carbonization process and products properties. *Biomass and Bioenergy*, 17: 209-219.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 18(2), 2011
www.gau.ac.ir/journals

Identification of the Chemical Compounds from Pyrolysis of Walnut wood at 350 °C by GC/MS

***R. Farsi¹ and S.A. Mirshokraee²**

¹Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University, Brojerd Branch, ²Professor, Dept. of Chemistry, Payam Noor University

Received: 2010/02/07; Accepted: 2011/05/04

Abstract

Walnut is a hardwood tree which covers a wide area of the plantation forest and gardens. The objective of this study was the separation and identification of compounds produced from pyrolysis of walnut wood at fixed bed reactor under an inert gas atmosphere (nitrogen) at 350 °C for 20 minutes. The separation and identification of compounds from bio-oil treated with N,o-bis (tri methyl silyl) tri fluoro acetamid (BSTFA) were done by using gas chromatography/ mass spectroscopy (GC/MS) technique. Ten compounds were totally identified. The most important compound identified in wood at this range was levoglucosan and α -L-galactofuranosid. The other important compounds observed at 350 °C were propanoic acid, tetracozan, octamethyltrisiloxane, sialan, 1, 2, 3 butan triol and Tetracosane.

Keywords: Pyrolysis, Walnut Wood, Fixed bed reactor, GC/MS

* Corresponding Author; Email: ramin.farsi@gmail.com

