



Effect of Heartwood Extractives of *Elaeagnus Angustifolia L.* on the Thermal Properties

Amin Jorbandian^{1*}

¹Phd Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.17.2021

Revised: 07.08.2021

Accepted: 07.26.2021

Keyword:

Elaeagnus angustifolia L.

Wood extractives

Thermal analysis

Thermal resistance

Thermogravimetric

***Corresponding Author:**

Amin Jorbandian

Email:

Amin.jorbandian@gmail.com

ABSTRACT

To investigate the effect of wood extractives on thermal properties, wood of *Elaeagnus angustifolia L.* species was provided from the southern region of Hamadan. The Heartwood part was turned into wood powder. Extraction of wood powder have been with Soxhlet method using ethanol-toluene solvents and in accordance with ASTM: D 1107-96 standard, T 204 OS-76 method. The extracted and unextracted wood powders, were examined by Thermal analysis device. The obtained graphs of Thermogravimetric analysis (TGA), Derivative of Thermogravimetric analysis (DTG) and Differential Thermal analysis (DTA) showed the wood extractives were the cause of occurred the weight loss due to degradation at higher temperature. Wood extractives have reduce on the degradation rate of thermal decomposition. The presence of extractives in wood caused greater thermal energy release due to the burning of these materials. The findings of this study demonstrated that the extractive materials in this wood increased thermal resistance.





تأثیر مواد استخراجی چوب درون سنجد روی خواص حرارتی

امین جوربندیان^{*۱}

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷	<p>به منظور بررسی تأثیر مواد استخراجی چوب بر خواص حرارتی، چوب سنجد از منطقه جنوب شهر همدان تهیه گردید. بخش چوب درون به پودر چوب تبدیل شد. استخراج از پودر چوب به روش سوکسوله با استفاده از حلال اتانول- تولوئن و مطابق با استاندارد ASTM : D 1107-96 روش T 204 OS-76 انجام شد. پودرهای چوب استخراج شده و استخراج نشده به وسیله دستگاه آنالیز حرارتی آزمایش شدند. نتایج نمودارهای آنالیز گرماسنجی وزنی (TGA)، مشتق گرماسنجی وزنی (DTG) و آنالیز حرارتی تفاضلی (DTA) حاصل نشان می‌دهد مواد استخراجی در این چوب باعث شده‌اند کاهش وزن ناشی از تخریب در حرارت‌های بالاتر صورت گیرد. مواد استخراجی، سرعت تخریب در اثر تجزیه حرارتی را کاهش داده‌اند و حضور مواد استخراجی در چوب باعث شده انرژی حرارتی بیشتری آزاد شود که ناشی از سوختن این مواد می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد مواد استخراجی در این چوب، مقاومت حرارتی را افزایش می‌دهند.</p>
بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۷	
پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴	
<p>کلید واژگان: سنجد مواد استخراجی چوب آنالیز حرارتی مقاومت حرارتی گرماسنجی وزنی</p>	
<p>[*]نویسنده مسئول: امین جوربندیان پست الکترونیکی: Amin.Jorbandian@Gmail.com</p>	



مقدمه

با بررسی خواص حرارتی چوب می‌توان رفتار گونه‌های چوبی را در اثر حرارت، برای مثال در پیرولیز چوب، در کاربردهای ساختمانی که احتمال آتش‌سوزی وجود دارد یا حتی در انتخاب چوب به عنوان زغال و ... مشخص کرد. همچنین در گونه‌های چوبی متفاوت برای تولید کامپوزیت‌های چوب پلیمر، مقاومت حرارتی، عاملی مهم می‌باشد [۱]. با توجه به کمبود مواد اولیه چوبی، صاحبان صنایع به استفاده از درختان باغی و میوه تمایل پیدا کرده‌اند.

برای استفاده از چوب درختان، بررسی خواص آن‌ها از جمله ترکیبات شیمیایی مهم می‌باشد. یکی از ترکیبات شیمیایی چوب مواد استخراجی (عصاره) می‌باشد که اجزای غیر ساختمانی چوب محسوب می‌گردند [۲]. مواد استخراجی، درصد کمی از ترکیبات چوب را به خود اختصاص داده‌اند، با این حال تأثیر معنی‌داری روی برخی خواص چوب دارند. مقدار و نوع مواد استخراجی می‌تواند کیفیت چوب را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین اکسیداسیون مواد استخراجی تمایل دارد که اسدیته چوب را افزایش دهد و باعث تخریب می‌شود [۱]. مواد استخراجی، گروهی از مواد شیمیایی در دیواره سلول هستند که به‌طور عمده شامل چربی‌ها، اسیدهای چرب، الکل‌های چرب، فنول‌ها، ترپن‌ها، استروئیدها، اسیدهای رزینی، روزین، موم‌ها و بسیاری ترکیبات آلی دیگر می‌باشند [۳]. ترکیب‌های اصلی مواد استخراجی چوب از جمله چربی‌ها، اسیدهای چرب، استرهای استریل و استرول‌ها خاصیت انحلال‌پذیری خوبی در تولوئن دارند. ترکیب‌های فنولی به‌آسانی در اتانول حل می‌شوند و گلیکوزیدها، قندها، نشاسته، پروتئین‌ها و مواد معدنی در اتانول کمی حل می‌شوند [۴]. برای استخراج ترکیبات غیر ساختمانی گیاهان، یکی از مهم‌ترین روش‌ها استخراج با سوکسوله می‌باشد [۵].

یکی از درختان میوه سنجد با نام علمی *Elaeagnus angustifolia L.* می‌باشد. سنجد بومی اروپا و آسیای شمالی می‌باشد و تا هیمالیا انتشار دارد. در ایران نیز در نواحی استپی کشور به‌صورت خودرو یافت می‌شود. این گونه درختی، نسبت به خشکی مقاوم است؛ از این رو مورد توجه باغداران می‌باشد و اغلب در مناطق استپی برای پرچین باغ‌ها و تهیه هیزم کشت می‌شود و حتی برای جلوگیری از پیشروی شن‌های متحرک به‌عنوان بادشکن کاشته می‌شود. گره‌های چوب این گونه در صنایع چوبی در ساخت اشیای ظریف مورد توجه است [۶]. سنجد در ایران بومی می‌باشد و در ناحیه زاگرس، مناطق بیابانی و سایر مناطق انتشار دارد [۷]. رویش غیر طبیعی در چوب سنجد، سبب ایجاد نقوش زیبا و افزایش ارزش در این چوب می‌شود [۸]. این درخت به دلیل این‌که به خشکی مقاوم است و در بسیاری از مناطق ایران قابلیت کاشت دارد، یک ماده اولیه با پتانسیل بالا می‌باشد.

در پژوهشی با عنوان «شناسایی برخی ترکیبات شیمیایی حاصل از استخراج چوب درون سنجد» میزان مواد استخراجی قابل حل در اتانول- تولوئن در چوب درون درخت سنجد ۵/۶۹ درصد وزنی محاسبه شد. مواد استخراجی توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی آنالیز شد. در مواد استخراجی چوب درون سنجد ۱۸ ترکیب شناسایی شد که مجموع سطح زیر پیک ترکیبات شناسایی شده ۶۴/۲ درصد بود. یکی از ترکیبات فسفریک اسید با سطح زیر پیک (۳۸/۸۱ درصد) بود که دارای بیشترین فراوانی در چوب بود و ۹ ترکیب از آن‌ها اسیدهای چرب بودند که در مجموع، فراوانی سطح زیر پیک آن‌ها (۱۷/۰۸) درصد بود و ۸ ترکیب شناسایی شده دیگر در مجموع سطح زیر پیک (۸/۳۱) درصد را به خود اختصاص داده بودند [۹]. فسفریک‌اسید، یک کندسوزکننده می‌باشد که در تیمار چوب استفاده می‌شود. طی سوختن چوب، این ماده، میزان خاکستر باقیمانده را افزایش و میزان مواد فرار قابل اشتعال را کاهش می‌دهد. همچنین خاکستر در یک حرارت پایین‌تر تشکیل می‌شود. نقش فسفریک اسید در کندسوزکنندگی چوب این است که واکنش هیدروژن‌زدایی را تسریع می‌کند و منجر به تولید خاکستر بیشتر می‌شود [۳]. این تحقیق به این منظور انجام شد که مشخص شود مواد استخراجی چوب درون سنجد چه تأثیری بر رفتار حرارتی آن دارند.

برای تعیین خواص حرارتی مواد، یکی از متداول‌ترین روش‌ها گرماسنجی تفاضلی (DTA) می‌باشد [۱۰]. همچنین یک روش ساده برای ارزیابی خواص حرارتی چوب آنالیز گرماسنجی وزنی^۱ می‌باشد. در نمودار مربوطه، کاهش وزن مانند یک تابع از زمان و حرارت ثبت می‌شود. با استفاده از یک مشتق تهیه شده از منحنی آنالیز گرماسنجی وزنی توسط رایانه، سرعت کاهش وزن مانند یک تابع زمان و حرارت می‌تواند اندازه‌گیری شود که مشتق گرماسنجی وزنی^۲ نامیده می‌شود. نمونه در یک ظرف کوچک فلزی به نام پن در یک تونل کوره قرار می‌گیرد، کوره به آرامی در یک سرعت ثابت گرم می‌شود و درصد کاهش وزن اندازه‌گیری می‌گردد. آنالیز حرارتی تفاضلی^۳ مقدار گرمای آزاد شده یا جذب شده را اندازه می‌گیرد. این آنالیز چگونگی تغییر و تحولات فیزیکی (همچون ذوب یا تبخیر شدن) یا موقعی که دستخوش هر واکنش شیمیایی شود را نشان می‌دهد [۳].

با توجه به مواد تشکیل‌دهنده دیواره سلول‌های چوبی، مقدار رطوبت، ابعاد آن و نیز مقدار اکسیژن موجود و نحوه انتقال گرما، آتش‌گیری آن شروع می‌شود. تا دمای $105^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ چوب به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد و تجزیه گرمایی چوب از دمای 160°C شروع می‌شود. گازهایی چون مونواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن متصاعد می‌گردند و به همراه بخار آب، مقداری اسیداستیک، الکل متیلیک و قطران نیز موجود است. در انتهای این مرحله اگر اکسیژن کافی باشد و یک شعله خارجی در اختیار باشد، گازهای متصاعد شده از چوب در دمایی برابر با 230°C شروع به سوختن می‌کنند که به آن نقطه شعله‌وری می‌گویند. از این مرحله به بعد و در دمایی برابر با 260°C چوب خودبه‌خود و بدون شعله خارجی (جهت انتقال گرما) به سوختن خود ادامه می‌دهد که آن را نقطه سوختن یا آستانه آتش‌گیری می‌گویند. پس از این مرحله، چوب نیز گرما ایجاد می‌کند، گازهای مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابند، مقدار تصعید گازهای اسیدی، الکل‌ها و قطران به حداکثر می‌رسد و در دمایی برابر با 400°C این گازها بدون شعله و گرمای خارجی خودبه‌خود آتش می‌گیرند که به آن نقطه اشتعال گویند. اگر چوب، مدت زیادی در دمای حدود 100°C قرار گرفته باشد، یا اینکه به شکل الیاف یا پودر باشد، مرزهای دمایی فوق‌الذکر، قدری پایین‌تر قرار خواهند گرفت [۱۱]. در اثر حرارت، معمولاً چوب به‌صورت مرحله‌ای تجزیه می‌شود: همی سلولزها در گستره دمایی $260^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ ، سلولز در $350^{\circ}\text{C} - 240^{\circ}\text{C}$ و لیگنین در $500^{\circ}\text{C} - 280^{\circ}\text{C}$ تجزیه می‌شوند [۲].

تحقیقات کمی در مورد مواد استخراجی چوب بر روی رفتار حرارتی موجود است. در پژوهشی، چهار گونه چوبی بلوط سفید، کاج رادیاتا، آکاسیا سیکوپس و اکالیپتوس گراندیس توسط حلال اتانول - سیکلوهگزان استخراج شدند که به ترتیب میزان مواد استخراجی بلوط $2/03$ ، کاج رادیاتا $3/45$ ، آکاسیا $2/41$ و اکالیپتوس $1/23$ درصد بود. آنالیز حرارتی روی نمونه‌های استخراج شده و استخراج نشده در محیط نیتروژن انجام گرفت. برای هر چهار گونه چوبی در اثر استخراج، ثابت شدن وزن در دمای بالاتر رخ داد و میزان خاکستر باقیمانده کمتر شد. در تمامی گونه‌ها حضور مواد استخراجی باعث شد که ثابت شدن وزن در پایان تخریب، در دمای پایین‌تر رخ دهد و میزان خاکستر باقیمانده بیشتر باشد. نمودار DTG چوب بلوط قبل و بعد از استخراج تقریباً همسان و تغییرات ناچیز بودند اما برای گونه‌های کاج رادیاتا، آکاسیا و اکالیپتوس در اثر استخراج تخریب در دماهای بالاتر صورت گرفته و عنوان شده که حذف مواد استخراجی مقاومت حرارتی چوب را افزایش می‌دهد [۱].

در مطالعه‌ای دیگر در مورد تأثیر مواد استخراجی بر پایداری حرارتی دو گونه چوب اکالیپتوس گراندیس و کاج تدا، استخراج با حلال بنزن - اتانول مطلق و با اتانول - آب داغ انجام شد. مقدار مواد استخراجی اکالیپتوس $4/2$ و کاج تدا $9/3$ درصد بود. آنالیز گرماسنجی وزنی در محیط نیتروژن انجام شد. در اثر حذف مواد استخراجی از چوب پایداری حرارتی در هر دو گونه افزایش پیدا کرد و انرژی بیشتری لازم بود تا فرایند تخریب، آغاز شود. میزان خاکستر باقیمانده

¹ Thermogravimetric analysis (TGA)

² Derivative of Thermogravimetric analysis (DTG)

³ Differential Thermal analysis (DTA)

برای چوب اکالیپتوس استخراج شده کاهش جزئی و برای چوب کاج تدا در اثر استخراج، میزان خاکستر، افزایش قابل توجهی داشت [۱۲].

در پژوهشی دیگر، آرد چوب کاج پاندروزا با حلال‌های مختلف استخراج شد. در بین حلال‌ها از تولوئن- اتانول نیز استفاده شد و میزان مواد استخراجی در این حلال ۴/۶۹ درصد بود. آنالیز گرماسنجی وزنی در محیط نیتروژن انجام شد. حذف مواد استخراجی در این چوب باعث بهبود پایداری حرارتی شد. میزان خاکستر باقی‌مانده این چوب در اثر استخراج، افزایش پیدا کرد. در کاج پاندروزا تغییرات ناگهانی کاهش وزن برای چوب استخراج نشده به‌طور تقریبی ابتدا در دمای ۲۶۳ درجه سانتی‌گراد و بعد در دمای ۴۲۴ درجه رخ داد و برای چوب استخراج شده، دمای اولی ۲۸۰ درجه ثبت شد که افزایش دارد و دمای بعدی ۴۱۶ درجه ثبت شد که کاهش نشان می‌دهد [۱۳].

روش‌شناسی

آماده‌سازی نمونه

در منطقه دره مرادبیک از استان همدان یک درخت سنجد در اواخر فصل پاییز قطع گردید و یک قسمت از تنه در ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متری تنه، برش داده شد. دوایر سالیانه شمارش و سن درخت ۲۶ سال برآورد شد. ۲۰ حلقه سالیانه متعلق به چوب درون با رنگ قهوه‌ای مایل به زیتونی و ۶ حلقه سالیانه متعلق به چوب برون بود که این قسمت زرد کم‌رنگ می‌باشد. از قسمت چوب درون، مقداری پوشال تهیه گردید که پس از خشک شدن در دمای اتاق، توسط آسیاب آزمایشگاهی به پودر چوب تبدیل شدند. پودر چوب به دو قسمت تقسیم شد که یک نمونه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و نمونه دیگر مورد استخراج قرار گرفت که جهت تعیین میانگین میزان مواد استخراجی، سه تکرار انجام شد.

عملیات استخراج

عملیات استخراج بر روی ۲ گرم پودر چوب، طبق استاندارد ASTM : D 1107-96 روش T 204 OS-76 انجام شد. برای عصاره‌گیری مخلوطی از اتانول و تولوئن به نسبت‌های حجمی یک لیتر اتانول مطلق و ۴۲۷ میلی‌لیتر تولوئن استفاده گردید. استخراج توسط دستگاه سوکسوله، با استفاده از کارتوش شیشه‌ای و به مدت ۶ ساعت انجام گرفت.

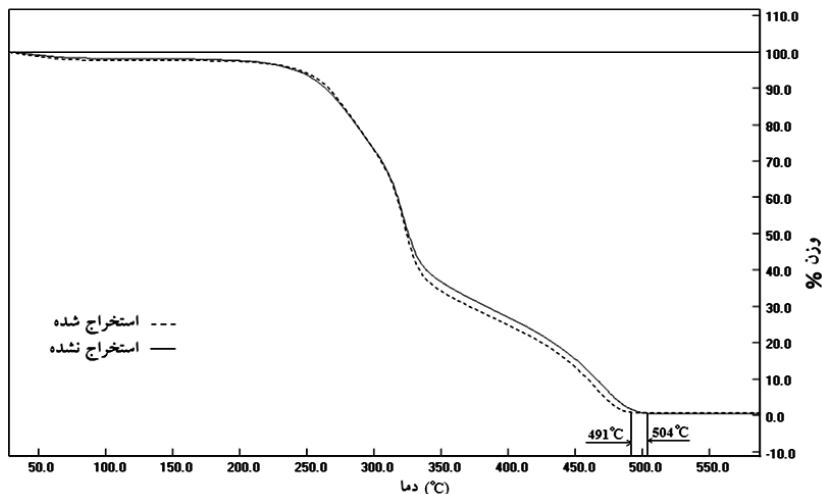
آنالیز حرارتی

به‌منظور انجام آنالیز حرارتی، نمونه‌های پودر چوب استخراج شده و استخراج نشده، در ظروف جدا قرار گرفتند و در اتو در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها برای آنالیز آماده شدند. برای پودر چوب استخراج شده و استخراج نشده در شرایط کاملاً یکسان ۴ میلی‌گرم از نمونه در یک پن آلومینیومی قرار گرفت. به‌منظور آنالیز توسط دستگاه مدل PerkinElmer از محیط هوای خشک ۹۹/۹۹ درصد استفاده شد. این دستگاه قادر است به‌صورت هم‌زمان آنالیز گرماسنجی وزنی (TGA)، مشتق گرماسنجی وزنی (DTG) و آنالیز حرارتی تفاضلی (DTA) را انجام دهد. پس از قرار دادن پن محتوی نمونه در دستگاه، آنالیز از دمای ۲۷ °C شروع و تا دمای ۵۸۷ °C انجام پذیرفت. به‌منظور رسیدن به دمای نهایی به ازای هر دقیقه ۱۰ °C افزایش دما اعمال شد. منحنی‌های مربوط به آنالیزهای TGA و DTG و DTA در رایانه متصل به دستگاه ثبت شد.

یافته‌ها

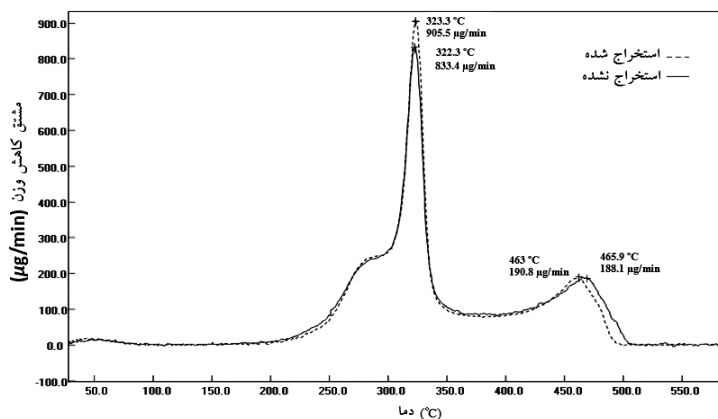
شکل ۱ نمودار منحنی‌های TGA مربوط به چوب استخراج شده و استخراج نشده را نشان می‌دهد. در این نمودار، کاهش وزن نمونه‌ها در اثر افزایش حرارت مشخص است. از دمای شروع آنالیز تا دمای حدود ۲۰۰ °C کاهش وزن بسیار

ناچیز است، از دمای 200°C تا 250°C شیب منحنی کمی تندتر شد و از دمای 250°C به بعد افت ناگهانی وزن به وجود آمد، تا دمای 330°C منحنی‌های هر دو نمونه، استخراج شده و استخراج نشده تقریباً بر هم منطبق شدند. از این نقطه به بعد، چوب استخراج شده در دمای پایین‌تر سوخت یا به عبارتی سوختنش جلو افتاد. اما برای چوب استخراج نشده برعکس است و سوختن به تعویق افتاد و در دمای بالاتر سوخت. از دمای 330°C به بعد شیب منحنی با شدت کمتری به کاهش ادامه داد. چوب استخراج شده در دمای 491°C وزنش تقریباً ثابت شد و این اتفاق برای چوب استخراج نشده در دمای 504°C رخ داد. در نهایت میزان خاکستر باقیمانده در دمای 587°C برای چوب استخراج شده به میزان $0/668$ درصد بود که بیشتر از خاکستر چوب استخراج نشده با میزان $0/503$ درصد می‌باشد.



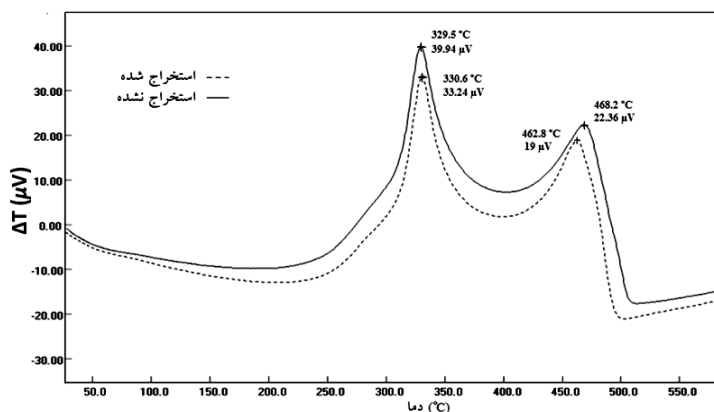
شکل ۱. نمودار منحنی‌های کاهش وزن چوب‌های استخراج شده و استخراج نشده

شکل ۲ نمودار منحنی‌های DTG نمونه‌های استخراج شده و استخراج نشده است که همان مشتق نمودار TGA می‌باشد. در پیک اول که برای هر دو نمونه تقریباً بر هم منطبق می‌باشند، برای نمونه استخراج شده در دمای $323/3^{\circ}\text{C}$ اتفاق افتاد، در این دما بیشترین سرعت تخریب $90/5/5$ میکروگرم بر دقیقه می‌باشد که بیشتر از چوب استخراج نشده می‌باشد که در دمای $322/3^{\circ}\text{C}$ با سرعت تخریب $833/4$ میکروگرم بر دقیقه رخ داده است. پیک دوم کمی متفاوت است و منحنی‌ها روی هم نیستند، در نمونه استخراج شده دمای سوختن پایین‌تر است و بیشترین سرعت تخریب چوب در دمای 463°C و با سرعت $190/8$ میکروگرم بر دقیقه می‌باشد. برای نمونه استخراج نشده، بیشترین سرعت تخریب در دمای $465/9^{\circ}\text{C}$ و با سرعت $188/1$ میکروگرم بر دقیقه رخ داده است.



شکل ۲. نمودار منحنی‌های مشتق کاهش وزن (DTG) نمونه‌های استخراج شده و استخراج نشده

شکل ۳ نمودار منحنی‌های DTA مربوط به چوب‌های استخراج شده و استخراج نشده است. در این نمودار به دلیل این که رطوبت چوب قبلاً خارج شده، پیک گرمای مربوط به خروج رطوبت را نداریم. در اینجا دو پیک داریم که ناشی از گرمای آزاد شده در اثر پیرولیز هستند. در پیک اول برای چوب استخراج شده دما $330/6^{\circ}\text{C}$ و میزان انرژی گرمای آزاد شده $39/94$ میکروولت آزاد شده $33/24$ میکروولت و برای چوب استخراج نشده دما $329/5^{\circ}\text{C}$ و میزان انرژی گرمای آزاد شده $39/94$ میکروولت و برای می‌باشد. در پیک دوم برای چوب استخراج شده دما $462/8^{\circ}\text{C}$ و میزان انرژی گرمای آزاد شده 19 میکروولت و برای چوب استخراج نشده دما $468/2^{\circ}\text{C}$ و انرژی گرمای آزاد شده $22/36$ میکروولت می‌باشد.



شکل ۳. نمودار منحنی‌های DTA مربوط به چوب‌های استخراج شده و استخراج نشده

بحث و نتیجه‌گیری

در نمودار DTA چوب سنجد دو پیک در حدود دمای 330°C و 460°C ایجاد شده است. پیک اول نقطه شروع اشتعال چوب (پیرولیز اولیه) می‌باشد و این پیک اگر ترمیک مربوط به تجزیه سلولز می‌باشد. پیک دوم مربوط به تجزیه

هردوی سلولز و لیگنین است و ناشی از سوختن زغال باقی مانده و گازهای فرار قابل اشتعال (پیرولیز ثانویه) می باشد [۱۴]. در هر دو پیک اغزوترمیک در نمودار DTA از چوب درون سنجد، اثر مواد استخراجی مشخص است که سبب شده در نتیجه سوختن این ترکیبات انرژی بیشتری آزاد شود. در چوب درون سنجد، فسفریک اسید وجود دارد [۹]. اصولاً چوب تیمار شده با این ماده سوختنش در حرارت پایین تر شروع می شود و میزان خاکستر باقی مانده بیشتر می شود و میزان مواد فرار قابل اشتعال را کاهش می دهد [۳]. اما حضور این ترکیب به صورت طبیعی، در چوب درون سنجد چنین تأثیری ندارد و نمودار، متفاوت می باشد. این پدیده احتمالاً ناشی از اثر غالب دیگر ترکیبات مواد استخراجی در مقایسه با فسفریک اسید، در این چوب می باشد.

نتایج بیانگر این موضوع هستند که مواد استخراجی، بر رفتار حرارتی این چوب تأثیر گذارند. در چوب درون سنجد در اثر استخراج عصاره با حلال اتانول- تولوئن، کاهش وزن ناشی از تخریب در دمای پایین تر اتفاق افتاد و میزان خاکستر باقی مانده بیشتر بود. در نمونه استخراج نشده، حضور مواد استخراجی (عصاره) در چوب باعث شد کاهش وزن ناشی از تخریب در دمای بالاتر رخ داد و میزان خاکستر باقیمانده کمتر بود.

به طور کلی در مورد اثر مواد استخراجی بر خواص حرارتی با توجه به تحقیقات انجام شده می توان گفت که چوبهای مختلف، رفتار حرارتی متفاوتی را ارائه داده اند. برای مثال در مورد گونه های بلوط سفید، کاج رادیاتا، آکاسیا و اکالیپتوس وجود مواد استخراجی باعث پایین آمدن مقاومت حرارتی چوبها می گردد و میزان خاکستر باقی مانده بیشتر می شود [۱]. در مورد چوبهای اکالیپتوس و کاج تدا نیز وجود مواد استخراجی باعث کاهش پایداری حرارتی چوبها می شود، همچنین در اکالیپتوس باعث بیشتر شدن میزان جزئی خاکستر و در کاج تدا باعث کاهش میزان خاکستر می گردد [۱۲]. در کاج پاندروزا نیز وجود مواد استخراجی باعث کاهش پایداری حرارتی چوب و کاهش میزان خاکستر باقیمانده می شود [۱۳]. اما در مورد چوب سنجد در این مطالعه، وجود مواد استخراجی در چوب باعث افزایش مقاومت حرارتی و کاهش میزان خاکستر باقی مانده شد. در تحقیقات پیش گفته، در گونه های کاج تدا و کاج پاندروزا نظیر سنجد میزان خاکستر باقی مانده، در اثر وجود مواد استخراجی کاهش داشته است. همچنین وجود مواد استخراجی در چوب سنجد سبب شد سرعت کاهش وزن ناشی از تخریب یا تجزیه گرمایی چوب پایین بیاید. علت این پدیده احتمالاً ترکیبات شیمیایی خاصی است که در مواد استخراجی این چوب وجود دارند. تفاوت در پایداری حرارتی در میان گونه های چوبی می تواند نشان دهنده تنوع در ترکیبات شیمیایی باشد [۱۳].

با توجه به تنوع در مقدار و نوع مواد استخراجی در گونه های چوبی مختلف، تفاوت در خواص حرارتی می تواند امری بدیهی باشد. البته این نکته باید ذکر شود که در مطالعه چوب سنجد، آنالیز حرارتی در محیط هوای خشک انجام گرفت و مطالعات عنوان شده در سابقه تحقیق، همگی از محیط نیتروژن برای آنالیز حرارتی استفاده کردند. این مورد می تواند در رفتار حرارتی چوب تأثیر به سزایی داشته باشد.

در مجموع، تحقیقات کمی در رابطه با تأثیر مواد استخراجی بر خواص حرارتی چوب وجود دارد. اگر قرار باشد رفتار حرارتی چوبها برای کاربردهای صنعتی بررسی شود، بهتر است که رفتار حرارتی چوب، هم در محیط نیتروژن و هم در محیط هوا بررسی گردد؛ زیرا در برخی کاربردها مثل پیرولیز چوب و زغال سازی، اکسیژن حضور ندارد و در کاربردهای ساختمانی که احتمال آتش سوزی وجود دارد یا در ساخت کامپوزیت چوب پلیمر، اکسیژن حضور دارد. با این تفصیلات برای این که مقاومت حرارتی که عاملی مهم در این صنایع می باشد را بررسی کنیم، بهتر است در هر دو محیط آزمایش انجام شود. با مشخص کردن خواص حرارتی چوبها می توان کاربردهای مناسب را برای گونه های چوبی تعیین کرد. پیشنهاد می شود در تحقیقات آینده تأثیر مواد استخراجی بر رفتار حرارتی چوب در هر دو حالت حضور و نبود اکسیژن بررسی شود.

References

- [1] Shebani, A. N., van Reenen, A. J., & Meincken, M. (2008). The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood species. *Thermochimica Acta*, 471(1), 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2008.02.020>
- [2] Sjoström, E. (1993). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. Elsevier Science. <https://books.google.com/books?id=Sv3xcS6eS5QC>
- [3] Rowell, R. M. (2005). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press. <https://books.google.com/books?id=ekrLBOAAQBAJ>
- [4] Sjoström, E & , Alén, R. (1998). *Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking*. Springer Berlin Heidelberg. <https://books.google.com/books?id=U-0k4NCbbNQC>
- [5] Kaveh, S., Sadeghi Mahoonak, A., & Sarabandi, K. (2020). The Effect of Solvent Type, Time and Extraction Method on the Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Eggplant Peel Extract. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 129-141. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119226>
- [6] Sabeti, H., Agriculture, N., & Organization, N. R. R. (1976). *Forests, trees, and shrubs of Iran*. Yazd University. <https://books.google.com/books?id=Lam3HAAACAAJ>
- [7] Marvi Mohajer, M. R. (2007). *Forestry and forestry*. Tehran University Press. <https://www.adinehbook.com/gp/product/9640350982>
- [8] Parsapajoo, D. (2015). *Wood technology*. University of Tehran. <https://www.iranketab.ir/book/67370-Wood-technology>
- [9] Jorbandian, A., Master Farahani, M. R., & Jafarzadeh, H. (1391). Identification of some chemical compounds obtained from extraction of elm wood. *Plant Environmental Physiology (Iranian Plant Ecophysiology Research)*, 7(3), 48-55. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=198350>
- [10] Afsahi, M. M., & Cheraghi Sepahvand, T. (2018). T-history: A simple and cost effective method for determining thermal properties of phase change materials (PCMs). *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 15(44), 13-26. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100519.html?lang=en
- [11] Enayati, A. A. (2013). *Physics of wood*. University of Tehran Press. https://press.ut.ac.ir/book_1585.html
- [12] Poletto, M. (2016). Effect of extractive content on the thermal stability of two wood species from Brazil. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(3), 435-442. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000039>
- [13] Chen, Y., Tshabalala, M. A., Gao, J., Stark, N. M., Fan, Y., & Ibach, R. E. (2014). Thermal behavior of extracted and delignified pine wood flour. *Thermochimica Acta*, 591, 40-44. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2014.06.012>
- [14] Talaei, A., Mohebbi, B & , Kazemi Najafi, S. (2006, February 15-16). *Thermal analysis of acetylated drift layers*. Iran's first combustion conference, Iran Combustion Association, Iran Combustion Association, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/18780>