





مدیریت تحصیلات تکمیلی  
دانشکده منابع طبیعی  
گروه علوم صنایع چوب و کاغذ

رساله جهت اخذ درجه دکتري در رشته مهندسي صنايع چوب-كامپوزيت هاي ليگنو سلولزي

## **بهبود کارایی تخته چندلایه ساخته شده از تنه نخل خرما با اصلاح حرارتی و شیمیایی**

استاد راهنما:

دکتر علی بیات کشکولی

استادان مشاور:

دکتر سعید رضا فرخ پیام

دکتر محمود رضا حسینی طباطبایی

دکتر هادی غلامیان

تهیه و تدوین:

مصطفی ملکی گلندوز

شهریور ماه ۱۴۰۲

## چکیده

این تحقیق با رویکرد بررسی بهبود کارانی تخته چندلایه ساخته شده از تنه نخل خرما با اصلاح حرارتی و شیمیایی است. در مرحله نخست تأثیر اصلاح حرارتی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و آناتومیکی بافت نخل خرما قبل و بعد از اصلاح انجام شد. در مرحله بعد به بررسی اصلاح نمونه نخل جهت ساخت نمونه صندلی در سه سطح متفاوت بود. اصلاح حرارتی در محدوده دمای  $140^{\circ}\text{C}$  الی  $160^{\circ}\text{C}$  اشاره کرد که منجر به افزایش دانسیته به مقدار  $3\text{ gr/cm}^3$   $0/68$  در بافت نخل خرما گردید. پایین ترین دانسیته در دمای اصلاح حرارتی  $210^{\circ}\text{C}$  با میانگین  $0/49$  گرم سانتی متر مربع به دست می آید. دانسیته نمونه شاهد نخل خرما  $0/63\text{ kg/m}^3$  تعیین گردید. خمش استاتیک (MOR) نمونه های اصلاح شده (شاهد) نخل خرما، با میانگین  $39/1094$  کیلوگرم بر سانتی مترمربع به دست آمد. این در حالی است که برای آزمایش نمونه های نخل خرما بعد از اصلاح حرارتی به مقدار میانگین  $70/719$  ثبت شد. در این تحقیق بیشترین مدول الاستیسیته مربوط به اصلاح حرارتی دمای  $160^{\circ}\text{C}$  است. میانگین MOE برای نمونه های اصلاح نشده  $4712/76$  کیلوگرم بر سانتی مترمربع تعیین شد. این در حالی است که میانگین MOE برای نمونه های اصلاح شده  $5355/14$  کیلوگرم بر سانتی مترمربع محاسبه شد. این نتیجه به این معنی است که تغییرات بعد از اصلاح حرارتی در بافت نخل خرما ایجاد شده است. نتایج تحقیقات مقاومت در برابر کشش عمود بر الیاف عدد پایین ثبت شد. مقدار اندازه گیری شده این آزمون با میانگین  $6/70$  کیلوگرم بر سانتی مترمربع تعیین گردید. در مورد ضخامت روکش نخل خرما بهترین نمونه، روکش  $3$  میلی متر نخل خرما هم بدون اصلاح و هم با اصلاح تعیین شد. در نتیجه اصلاح حرارتی نخل خرما و تخته چندلایه مقاومت بافت نخل و قدرت نگهداری میخ تا حدودی افزایش یافت. بررسی آناتومی بافت نخل در تیمار اصلاحی  $160^{\circ}\text{C}$  نشان داد که پس از تیمار حرارتی، لکه های سیاه در حفرات آوندی ایجاد شده و بافت ترک برمی دارد. این اصلاح منجر به تغییرات اندک در ساختار مورفولوژیکی می گردد. در طی عملیات اصلاح حرارتی، دود تقریباً روشن، بوی معطر و خاص به علت تبخیر مواد استخراجی مانند موم ها، قندها و چربی ها در نخل ایجاد شد. انتشار این پدیده یکی از نتایج اصلاح حرارتی محسوب می شود. این فرآیند در حین اصلاح حرارتی در فضای آزمایشگاه قابل مشاهده و احساس می شد در بررسی شیمیایی نخل خرما بعد و قبل از اصلاح در بخش آنالیز طیف FTIR به طور کلی نتایج حاکی از آن بود که کمترین میزان تخریب لیگنین به ترتیب در دمای  $160^{\circ}\text{C}$  رخ داده است. از طرفی تغییراتی که پس از عملیات اصلاح حرارتی نخل خرما اتفاق می افتد، نشان از واکنش و بیشتر شدن لیگنین است. در این تحقیق از سه طرح مختلف صندلی استفاده شد. حداکثر نیروی اعمال شده برای صندلی نوع اول بدون اصلاح حرارتی و نمونه شاهد به ترتیب  $834, 1794, 1862$  تعیین شد؛ اما برای صندلی اصلاح حرارتی شده حداکثر نیروی ثبت شده از بالا به پایین برای خمیده شده یکسره اصلاح شده با حرارت مقادیر نیروی  $2065$  نیوتن تعیین گردید. از این رو مقاومت صندلی های با قاب خمیده تخته چندلایه (LVL) نخل خرما اصلاح شده بهبود یافته است. اصلاح حرارتی بافت نخل باعث بهبود خصوصیات کاربردی آن شده و می توان از آن به عنوان یک روش اصلاح سازگار با محیط زیست برای قابل استفاده نمودن نخل در صنعت مبلمان نام برد.

## Abstract

Thermal modification in the temperature range of 140 to 160 °C led to an increase in density to 0.68 gr/cm<sup>3</sup> in date palm tissue. The lowest density is obtained at the heat treatment temperature of 210 °C with an average of 0.49 grams per square centimeter. The density of the date palm control sample was determined to be 0.63 gr/cm<sup>3</sup>. The static bending moment (MOR) of unmodified (control) date palm samples was obtained with an average of 39.1094 kg/cm<sup>2</sup>. Meanwhile, the average value of date palm samples after thermal modification was recorded as 70.719. In this research, the highest modulus of elasticity is related to thermal modification at 160°C. The average MOE for unmodified samples was determined as 4712.76 kg/cm<sup>2</sup>. Meanwhile, the average MOE for modified samples was calculated as 5355.14 kg/cm<sup>2</sup>. This result means that changes have been made in the date palm tissue after thermal modification. The results of the investigation of the resistance against the perpendicular tension of the fibers of low number were recorded. The measured value of this test was determined with an average of 6.70 kg/cm<sup>2</sup> centimeter. Regarding the thickness of the date palm coating, the best sample was determined to be 3 mm of date palm coating both without modification and with

modification. As a result of thermal modification of date palm and multi-layered board, the resistance of palm tissue and the holding power of nails increased to some extent. Examination of the anatomy of palm tissue in the 160 °C corrective treatment showed that after the heat treatment, black spots were created in the vascular cavities and the tissue cracked. This modification leads to small changes in the morphological structure. In this research, the highest modulus of elasticity is related to thermal modification at 160°C. The average MOE for unmodified samples was determined as 4712.76 kg/cm<sup>2</sup>. Meanwhile, the average MOE for modified samples was calculated as 5355.14 kg/cm<sup>2</sup>. This result means that changes have been made in the date palm tissue after thermal modification. The results of the investigation of the resistance against the perpendicular tension of the fibers of low number were recorded. The measured value of this test was determined with an average of 6.70 kg/cm<sup>2</sup> centimeter. Regarding the thickness of the date palm coating, the best sample was determined to be 3 mm of date palm coating both without modification and with modification. As a result of thermal modification of date palm and multi-layered board, the resistance of palm tissue and the holding power of nails increased to some extent. Examination of the anatomy of palm tissue in the 160 °C corrective treatment showed that after the heat treatment, black spots were created in the vascular cavities and the tissue cracked. This modification leads to small changes in the morphological structure. During the heat modification operation, almost clear smoke, aromatic and special smell was created due to the evaporation of extractive materials such as waxes, sugars and fats in the palm. The release of this phenomenon is considered one of the results of thermal modification. This process could be seen and felt during the thermal modification in the laboratory environment. In the chemical analysis of date palm after and before modification in the FT-IR spectrum analysis section, the results indicated that the lowest amount of lignin degradation occurred at the temperature of 160 °c respectively. On the other hand, the changes that occur after the heat treatment of date palm show the reaction and increase of lignin. In this research, three different seat designs were used. The maximum applied force for the first type chair without thermal modification and the control sample force was determined as 834, 1794, 1862 respectively. But for the thermally modified seat, the maximum force recorded from top to bottom for the fully curved one modified with heat was determined to be 2065 newtons. Therefore, the strength of the seats with the curved frame of the modified palm date plywood (LVL) is improved. Thermal modification of palm tissue improves its functional characteristics and can be called as an environmentally friendly modification method to make palm usable in the furniture industry.



University of Zabol  
Graduate school  
Faculty of Natural resource  
Department of Wood Science and Technology

**The Thesis Submitted for obtaining a doctorate degree (in the  
field of wood industry-lignocellulosic composites)**

# **Improving the efficiency of the multi-layered board made of date palm by thermal and chemical modification**

**Supervisors:**

Dr. A. Bayatkashkoli

**Advisors:**

Dr. S.R, Farrokhpayam

Dr. M, R,Hosseini,tabatabayi

Dr. H,Gholamiyan

**By:**

M. Maleki Golandouz

september 2023