

IGF-Forschungsvorhaben 21032 BR

Einsatz von natürlichen Bindemitteln auf Basis von Tannin-Protein-Komplexen zur Herstellung von Holzwerkstoffen [Faba4Wood]

Durchgeführt von:

Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.

Projektleitung: Dr.-Ing. Sara Hadjali

Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD)

Projektleitung: Prof. Dr. Detlef Krug

Laufzeit: 01.03.2020 bis 31.12.2022

Einleitung und Zielstellung

Bei der Herstellung von Holzwerkstoffen dominieren immer noch Harnstoff-Formaldehyd-(UF) bzw. melaminverstärkte Harnstoff-Formaldehydharze (mUF). Im Jahr 2022 wurden in Europa etwa 33 Mio. m³ Spanplatten produziert.¹ Daraus resultiert ein Bindemittleinsatz von ca. 1,5 Mio. t (Feststoff). Etwa zwei Drittel dieser Spanplatten werden in der KMU-dominierten Möbelindustrie verarbeitet.

Das Forschungsvorhaben zielt darauf ab, den Herausforderungen zu begegnen, die sich durch neue gesetzliche Vorgaben ergeben, insbesondere durch die Etablierung neuer Messmethoden zur Bestimmung der Formaldehydabgabe in der Chemikalienverbots-Verordnung seit Januar 2020. Die Hersteller von Partikelwerkstoffen sind auf der Suche nach formaldehydfreien Alternativen. Das im Projekt zu entwickelnde neue Bindemittel bietet ökologische Vorteile, die nicht nur in der Herkunft des Rohstoffes liegen, sondern auch in der Ökologie und der Recyclierbarkeit der Holzwerkstoffe.

Aus diesem Grund war das Ziel des Forschungsvorhabens die Entwicklung eines partikelförmigen Holzwerkstoffs auf der Basis von formaldehydfreien Bindemitteln aus Tannin-Protein-Komplexen (TPK) der Ackerbohne. Dazu wurde ein Verfahren zur Extraktion von Tanninen aus der Schale der Ackerbohne und von Proteinen aus der Bohne selbst sowie zur biotechnologischen Synthese der TPK entwickelt. Zudem wurde ein Fertigungsprozess entwickelt, der nicht nur emissionsarme Holzwerkstoffe mit anforderungsgerechten Eigenschaften bei gleichzeitiger formaldehydfreier Verklebung ermöglicht, sondern auch die Anwendung in der Möbelindustrie und dem Innenausbau adressiert.

Vorgehensweise

Proteine und Tannine wurden aus Ackerbohnen gewonnen, gefolgt von einer detaillierten Analyse des Ackerbohnen-tannins und der Proteine. Drei verschiedene Ackerbohnen-Sorten wurden eingesetzt. Mit diesen wurde eine Methode zur Isolierung der Tannine aus Ackerbohnen-schale mittels azeotropen Lösungsmittel-Wasser-Gemischen etabliert. Unterschiedliche Proteinmuster wurden nach einem beim PPM entwickelten Standard-Verfahren hergestellt und charakterisiert.

Die Tannine konnten dann mit Ackerbohnenproteinen verknüpft und TPKs gebildet werden, deren Funktionalitäten durch physikalische und/oder chemische Modifizierung angepasst wurde. Im Anschluss wurden Protein-Tannin-Komplexe aus Ackerbohnen synthetisiert und deren Qualität als Bindemittel für Holzwerkstoffe festgelegt. Physikalische und chemische Methoden zur Spaltung von Peptidbindungen sowie zur Verknüpfung von Co-Gruppen an TPK kamen zur Anwendung, um die geforderte Qualität der Holzwerkstoffe zu erreichen. Grundlegende Arbeiten zur Charakterisierung der TPK wurden durchgeführt, um den Einfluss der Extraktions- und Modifizierungsbedingungen auf die verschiedenen notwendigen Eigenschaften zu beurteilen.

Parallel dazu konzentrierte sich das IHD auf den Nachweis der Eignung der TPK als Bindemittel für Holzwerkstoffe. Die Verarbeitbarkeit der TPKs als Bindemittel in der Holzwerkstoffindustrie wurde durch verschiedene Tests wie z.B. zur Viskosität und Sprühfähigkeit untersucht. Weiterhin erfolgte die Entwicklung von Rezepturen und Technologien zur Herstellung von Span- und Faserplatten. Die TPKs wurden für die Entwicklung von Spanplatten und MDF verwendet, während wenige Untersuchungen zur Flächenklebung für Tischlerplatten durchgeführt wurden.

Die physikalisch-mechanische und chemische Charakterisierungen der HWS und deren Optimierung sowie Evaluierungen in ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht waren ebenfalls Teil des Projektes.

Ergebnisse

Für die Entwicklung der Tannin-Protein-Komplexe war es notwendig, zuerst die Gewinnung der Tannine aus der Schale zu realisieren. Dabei zeigten die Ergebnisse, dass eine Tannin-Gewinnung mittels einem zwei Komponenten azeotropen Lösungsmittel-Wasser-Systems die höchsten Tannin-Ausbeuten gewährleistete. Mit Hilfe der Gehaltsbestimmungen (Protein, Polyphenole, Tannine) und der Bestimmung der technofunktionellen Eigenschaften konnte eine Vorauswahl der Tannin- und TPK-Muster getroffen werden, die für eine spätere Anwendung als Bindemittel in der Holzwerkstoff-Herstellung geeignet waren.

Zur Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens der Tannin-Protein-Komplexe war es notwendig, die Löslichkeit der Tannin-Extrakte zu bestimmen. Die Untersuchungen zeigten, dass die Tannin-Extrakte in alkalischem Milieu die höchste Löslichkeit besitzen. Mit diesem Wissen konnte das Verfahrensschema entsprechend angepasst werden, um TPKs mit entsprechenden Qualitäten herzustellen. Die physikalischen und chemischen Modifizierungen waren notwendig, um die Techno-Funktionalitäten hinsichtlich der Bindemittel-Eigenschaften von TPK-Mustern zu erhöhen, speziell von TPK-Mustern deren Haftungseigenschaften im Vergleich nicht vollständig ausgeprägt waren.

Die Scale-up-Versuche ergaben größere Mengen an TPK-Mustern und ermöglichten weiterführende Pilotversuche. Des Weiteren konnte eine technische Umsetzung nachgewiesen werden. Ein Nachweis der Reproduzierbarkeit bei gleichwertigen Ausbeuten innerhalb der einzelnen Versuchs-Maßstäbe konnte nicht erbracht werden.

Es konnten mit allen eingesetzten TPKs Spanplatten gepresst und geprüft werden. Die Erwärmung der Suspension vor dem Applizieren bewirkt eine bessere Querszugfestigkeit der Platten. Die Spanplatten wiesen für eine Proteinbindung überraschend niedrige Quellwerte auf. Die Querszugfestigkeit und Biegeeigenschaften waren höher als die Normanforderungen. Höhere Spanfeuchten und eine Erwärmung auf 70°C verbesserten die Querszugfestigkeit und Dickenquellung weiter.

Für die MDF-Herstellung erwiesen sich die Ackerbohnen-Tannin-Protein-Komplexe als gut geeignet. Die Eigenschaften von Faserplatten mit geringer Dickenquellung und hoher Querszugfestigkeit nach Anforderungen der Normvorgaben wurden erreicht. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind somit ein wichtiger Schritt in der Entwicklung natürlicher Bindemittel mit weniger umwelt- und/oder gesundheitsbelastenden Additiven.

¹ **EUWID 2023:** Europäische Holzwerkstoffproduktion hat im vergangenen Jahr um 6 % nachgegeben. 19.05.2023

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21032 BR der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V. (TIHD) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e. V.
Zellescher Weg 24
01217 Dresden

Use of natural binders based on tannin-protein complexes for the production of wood-based materials [Faba4Wood].

Conducted by:

Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.

Project management: Dr.-Ing. Sara Hadjiali

Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD)

Project management: Prof. Dr. Detlef Krug

Duration: 01.03.2020 until 31.12.2022

Introduction and objective

Urea-formaldehyde (UF) or melamine-reinforced urea-formaldehyde (mUF) resins are still dominant in the production of wood-based materials. In 2022, about 33 million m³ of particleboard was produced in Europe.¹ This results in a binder use of about 1.5 million t (solid). About two thirds of this particleboard is processed in the SME-dominated furniture industry.

The research project aims to meet the challenges posed by new legal requirements, in particular the establishment of new measurement methods for determining formaldehyde release in the Chemicals Prohibition Ordinance since January 2020. Manufacturers of particle materials are looking for formaldehyde-free alternatives. The new binder to be developed in the project offers ecological advantages, not only in the origin of the raw material, but also in the ecology and recyclability of the wood-based materials.

For this reason, the aim of the research project was to develop a particulate wood-based material based on formaldehyde-free binders from tannin-protein complexes (TPK) of fava bean. To this end, a process was developed for the extraction of tannin from the hull of the fava bean and of proteins from the bean itself, as well as for the biotechnological synthesis of the TPK. In addition, a manufacturing process was developed that not only enables low particulate wood-based material based on formaldehyde-free binders from tannin-protein complexes (TPK) of fava bean. To this end, a process was developed for the extraction of tannins from the skin of the fava bean and of proteins from the bean itself, as well as for the biotechnological synthesis of the TPK. In addition, a manufacturing process has been developed that not only enables low-emission wood-based materials with properties in line with requirements and formaldehyde-free bonding at the same time, but also ensures their use in the furniture industry and interior design.

Procedure

Proteins and tannins were extracted from fava beans, followed by detailed analysis of fava beans tannins and proteins. Three different fava bean sorts were used. With these, a method for isolation of tannins from fava bean peel using azeotropic solvent-water mixtures was established. Different protein patterns were prepared and characterized according to a standard procedure developed at PPM.

The tannins could then be linked to fava bean proteins to form TPKs whose functionalities were adapted by physical and/or chemical modification. Subsequently, protein-tannin complexes were synthesized from fava beans and their quality as binders for wood-based materials was established. Physical and chemical methods for the cleavage of peptide bonds as well as for the linkage of co-groups to TPK were applied to achieve the required quality of the wood-based materials. Basic characterization of TPK was carried out to assess the influence of extraction and modification conditions on the different required properties.

In parallel, the IHD focused on demonstrating the suitability of the TPKs as binders for wood-based materials. The processability of TPKs as binders in the wood-based materials industry was investigated by various tests such as viscosity and sprayability. Furthermore, the development of formulations and technologies for the production of particleboard and fiberboard was carried out. TPKs were used for the development of particleboard and MDF, while few surface bonding studies were conducted for blockboard.

The physical-mechanical and chemical characterizations of the HWS and their optimization as well as evaluations in ecological and economic terms were also part of the project.

Results

For the development of the tannin-protein complexes, it was necessary to first realize the extraction of tannins from the shell. In this regard, the results showed that a tannin recovery using a two-component azeotropic solvent-water system ensured the highest tannin yields. With the help of the content determinations (protein, polyphenols, tannins) and the determination of the functional properties, it was possible to pre-select the tannin and TPK samples that were suitable for subsequent application as binders in wood-based material production.

To further develop the manufacturing process of the tannin-protein complexes, it was necessary to determine the solubility of the tannin extracts. The investigations showed that the tannin extracts have the highest solubility in an alkaline environment. With this knowledge, the process scheme could be adapted accordingly to produce TPKs with appropriate qualities. The physical and chemical modifications were necessary to increase the techno-functionalities with respect to the binder properties of TPK samples, especially TPK samples whose adhesion properties were not fully developed in comparison.

The scale-up tests resulted in larger quantities of TPK samples and enabled further pilot tests. Furthermore, a technical implementation could be demonstrated. Proof of reproducibility with equivalent yields within the individual test scales could not be provided.

It was possible to press and test particleboard with all TPKs used. Heating the suspension prior to application improved the transverse tensile strength of the boards. The particle boards showed surprisingly low swelling values for a protein bond. The transverse tensile strength and bending properties were higher than the standard requirements. Higher particle moisture contents and heating to 70°C further improved the transverse tensile strength and thickness swelling.

Fava bean-tannin-protein complexes were found to be well suited for MDF production. Properties of Fiberboards with low thickness swelling and high transverse tensile strength according to the requirements of the standard specifications were achieved. The results of the research project are thus an important step in the development of natural binders with additives that are less harmful to the environment and/or health.