جدوى استخدام التغليف الفعال في حماية الأثاث الخشبي من تأثيرات الرطوبة "دراسة تطبيقية على عينات من الأخشاب"

The feasibility of using effective packaging to protect wooden furniture from moisture effects "An applied study on samples of wood"

د/ أمينة عبدالجواد عبدالباقي امام
مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، amina.emam@fapa.bu.edu.eg

د/ سارة إبراهيم عبد الرحمن رمضان
مدرس بقسم الإعلان والطباعة والنشر، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، bu.sara.ramadan@gmail.com

ملخص البحث: Abstract

يتناول هذا البحث جانباً حيوياً في مجال تطوير وتحسين صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب، هو استخدام تقنيات التغليف الفعال لحمايته من الرطوبة، ففي ظل التقدم التكنولوجي المستمر تأتي هذه التقنيات كحلاً مبتكرًا لتحسين وظيفة وجودة الأثاث لفترة طويلة خاصة عند التخزين. تهدف الدراسة إلى استكشاف وتحليل إثر استخدام تقنيات التغليف الفعال علي الاخشاب المكونة للأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب وكيفية تحسينها لمواجهة تأثيرات الرطوبة بشكل فعّال. سيتم التركيز على فعالية هذه التقنيات، وتكاملها مع عمليات تغليف الأثاث، وتأثيرها على جوانب الاقتصاد والبيئة.

مشكلة البحث: تعرض قطع الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب التي يتم تصديرها في صناديق الي مشاكل التلف بسبب تخزينها لفترات طويلة مما يجعلها عرضة لتأثيرات الرطوبة أثناء التخزين. الحاجة الملحة الي دراسة علمية فعاله لتقييم إثر استخدام تقنيات التغليف الفعال في حماية الأخشاب من تأثيرات الرطوبة عند التخزين والتصدير.

تساؤلات البحث: هل يؤثر التغليف الفعال في حماية الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب من الرطوبة عند التخزين لفترات طويله؟ هل يمكن قياس أثر استخدام تلك الخامات في حماية الاخشاب من تأثيرات الرطوبة؟

أهداف البحث: معرفة جدوى تطبيق التغليف الفعال لحماية الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب من الرطوبة عند التخزين لفترات طويله. قياس أثر استخدام بعض خامات التغليف الفعال على حماية أنواع مختلفة من الاخشاب من تأثيرات الرطوبة.

أهمية البحث: تحسين عمليات صناعة الأثاث وتصديره وتطوير تقنيات حمايته من العوامل البيئية.

أدوات البحث: عينات من الاخشاب المستخدمة في صناعة الأثاث القابل لفك والتركيب. عينات من خامات التغليف الفعال المستخدمه في تغليف هذا النوع من الأثاث.

نتائج التجربة: حققت أملاح هيدروكسيد الكالسيوم أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليها الملح الصخرى ويأتى جل السليكا فى النهاية لتغليف أخشاب الكونتر تغليف فعال أكثر فاعلية. لتغليف أخشاب الفاينر تغليف فعال حقق جل السليكا أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليه هيدروكسيد الكالسيوم ويأتى الملح الصخرى فى النهاية. لتغليف أخشاب أبيض سويد تغليف فعال حققت أملاح هيدروكسيد الكالسيوم أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليها جل السليكا ويأتى الملح الصخرى فى النهاية.

كلمات دالة: Keywords

التغليف الفعال، حماية الأثاث الخشبي، تأثيرات الرطوبة
Effective Packaging, Wooden Furniture Protection, Moisture Effects

Paper received January 09, 2024, accepted March 24, 2024, Published on line May 1, 2024

المقدمة: Introduction

تتجه صناعة الأثاث الخشبي في مصر الي الاهتمام المتزايد بجودة المنتجات من أجل التصدير، ومدي تخصيصها لتناسب احتياجات المستخدم ومن ثم فقد زاد إقبال الشركات المصنعة علي إنتاج الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب، مما يتطلب إرسال الأثاث الذي تم تصنيعه في صناديق صغيرة حتي يقوم المستخدم بتجميعه دون الحاجة الي متخصصين، كما أنها تهتم بجودة الأخشاب المستخدمة في التصنيع ومدي مقاومتها للعوامل البيئية المتغيرة، من بين هذه العوامل البيئية يظهر التأثير الضار للرطوبة علي الأخشاب كعائق رئيسي يواجه مصنعي الأثاث الذي يتم تصديره، حيث يعتبر الاهتمام بتقنيات حماية الأخشاب من الرطوبة بعد التغليف أمرًا حيويًا للحفاظ على جودة ومتانة الأثاث في ظل تغيرات المناخ والظروف البيئية المتقلبة خاصة عند التصدير حيث يظل الأثاث موجودا في صناديق التغليف لفترات طويله جدا مما يعرضه لتأثيرات الرطوبة المختلفة .

من ثم يتناول هذا البحث جانباً حيوياً في مجال تطوير وتحسين صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب، هو استخدام تقنيات التغليف الفعال لحمايته من الرطوبة، ففي ظل التقدم التكنولوجي المستمر تأتي هذه التقنيات كحل مبتكر لتحسين وظيفة وجودة الأثاث لفترة طويلة خاصة عند التخزين.

تهدف الدراسة إلى استكشاف وتحليل أثر استخدام تقنيات التغليف الفعال على الاخشاب المكونة للأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب وكيفية تحسينها لمواجهة تأثيرات الرطوبة بشكل فعّال. سيتم التركيز على فعالية هذه التقنيات، وتكاملها مع عمليات تغليف الأثاث، وتأثيرها على جوانب الاقتصاد والبيئة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

1- تعرض قطع الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب التي يتم تصديرها في صناديق الي مشاكل التلف بسبب تخزينها لفترات طويلة مما يجعلها عرضة لتأثيرات الرطوبة أثناء التخزين.
2- الحاجة الملحة الي دراسة علمية فعاله لتقييم أثر استخدام تقنيات التغليف الفعال في حماية الأخشاب من تأثيرات الرطوبة عند التخزين والتصدير.

أهداف البحث: Research Objectives

1- معرفة جدوى تطبيق التغليف الفعال لحماية الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب من الرطوبة عند التخزين لفترات طويله.
2- قياس أثر استخدام بعض خامات التغليف الفعال على حماية أنواع مختلفة من الاخشاب من تأثيرات الرطوبة.

Citation: Amina Emam, Sara Ramadan (2024), The feasibility of using effective packaging to protect wooden furniture from moisture effects "An applied study on samples of wood", International Design Journal, Vol. 14 No. 3, (May 2024) pp 303-320

أهمية البحث: Research Significance

1- تحسين عمليات صناعة الأثاث وتصديره وتطوير تقنيات حمايته من العوامل البيئية.

فروض البحث: Research Hypothesis

يفترض البحث أن استخدام تقنيات التغليف الفعال يحمي الأثاث الخشبي من تأثيرات الرطوبة لأطول فتره ممكنه أثناء التخزين والتصدير.

أدوات البحث: Research Tools

1- عينات من الاخشاب المستخدمة في صناعة الأثاث القابل لفك والتركيب.

2- عينات من خامات التغليف الفعال المستخدمة في تغليف هذا النوع من الأثاث.

حدود البحث: Research Limits

1- الحدود الموضوعية: استخدام التغليف الفعال في الأثاث الخشبي

2- الحدود المكانية والزمانية: مصانع الأثاث في مصر في الوقت الحالي.

تساؤلات البحث:

1- هل يؤثر التغليف الفعال في حماية الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب من الرطوبة عند التخزين لفترات طويله؟

2- هل يمكن قياس أثر استخدام تلك الخامات في حماية الاخشاب من تأثيرات الرطوبة؟

الإطار النظري:

يتلخص الإطار النظري للبحث في محورين كالتالي:

المحور الأول: مشاكل الرطوبة في الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب

لمناقشة تأثير الرطوبة على الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب، لابد لنا أولا من التعرف على مفهوم الأثاث القابل للفك والتركيب وأهم الاخشاب المستخدمة في تصنيعه، حتى يتسنى لنا مناقشة مشاكلة الرطوبة في تلك الاخشاب

أولا: مقدمة في الأثاث الخشبي القابل الفك والتركيب:

الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب هو نوع من الأثاث المصمم ليكون سهل التجميع والتفكيك، ويتم تصنيع هذا النوع من الأثاث عادةً من قطع الاخشاب المصممة بشكل مبتكر تسمح بتجميعها بسهولة دون الحاجة إلى مهارات تقنية متقدمة أو أدوات خاصة أو حتى عمال او فنيين، حيث يتم تثبيت القطع عادة بواسطة مشابك أو مسامير، مما يجعل عملية التجميع سريعة ومريحة.

تعد صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب من بين الصناعات الناشئة والمهمة التي تلبي احتياجات السوق المتغيرة وتتجاوب مع متطلبات الحياة الحديثة، حيث يُعد هذا النوع من الأثاث حلاً عملياً للمستهلكين الذين يبحثون عن قطع تجمع بين الجودة والمرونة، وتتيح لهم إمكانية نقلها وتركيبها بسهولة دون الحاجة إلى مهارات .

Fleming, E. D. (2010).

1-1 مزايا استخدام الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب:

- سهولة التركيب: يتميز هذا النوع من الأثاث بسهولة وسرعة التجميع دون الحاجة إلى مهارات فنية خاصة كما بالصورة رقم (1).

صورة رقم (1) توضح عناصر كرسي مفكك واخر تم تجميعه، توضح سهولة التركيب

- خفة الوزن: عادة ما يتميز هذا النوع من الأثاث بالمتانة وخفة الوزن مما يسمح بنقله في علب من الورق المقوي أو الكرتون كما بالصورة رقم (2).

صورة رقم (2) توضح سهولة نقل الأثاث في علب من الورق المقوي نظرا لخفة الوزن

- المرونة: يمكن نقله بسهولة وتجميعه مرة أخرى دون الحاجة إلى شراء قطع جديدة. كما يمكن استخدامه في مجموعة متنوعة من البيئات والمناسبات، سواء كان ذلك في المنازل، أو المكاتب، أو الفنادق، أو حتى المعارض التجارية، كما بالصورة رقم (3)

صورة رقم (3) توضح سهولة فك وتركيب الأثاث مما يجعله مرنا

- اقتصادي: غالبًا ما يكون هذا النوع من الأثاث أكثر تكلفة من الأثاث الثابت المصنوع بشكل دائم، ولكنه يعتبر استثمارًا جيدًا للمستقبل بسبب قابليته لإعادة التجميع وإعادة الاستخدام مرة اخري

اقتصاد المساحة: يعد الأثاث القابل للفك والتركيب حلاً مثاليًا للمساحات الصغيرة أو الغرف ذات الاستخدام المتعدد، حيث يمكن تفكيكه عندما لا يكون هناك حاجة لاستخدامه وتخزين أجزائه بكفاءة

متعة التخصيص: قد يتيح الأثاث القابل للفك والتركيب للمستخدمين إمكانية تخصيص تصميمهم وتكوينهم وفقًا لاحتياجاتهم وذوقهم كما بالصورة رقم (4).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

صورة رقم (4) توضح تخصيص نفس العدد من القطع بأكثر من تصميم بما يتناسب مع ذوق المستخدم

- **سهولة الصيانة:** بما أن الأثاث قابل للتفكيك، فإنه أسهل في الوصول إلى المناطق التي تحتاج إلى صيانة.

التغليف والتخزين الفعال: يمكن تفكيك الأثاث عندما لا يكون قيد الاستخدام، مما يوفر مساحة تخزين إضافية كما بالصورة رقم (5).

صورة رقم (5) توضح إمكانية التغليف الفعال للأثاث القابل للفك والتركيب

- تنوع التصميم: تتوفر مجموعة متنوعة من التصاميم والأنماط في الأثاث القابل للفك والتركيب، مما يتيح للمستهلكين اختيار الأثاث الذي يناسب ذوقهم واحتياجاتهم.

المتانة والجودة: على الرغم من سهولة التجميع والتفكيك، يتمتع الأثاث القابل للفك والتركيب بمستوى عالٍ من المتانة والجودة، مما يضمن استمراريته واستخدامه لفترة طويلة.

- **الاستدامة:** بفضل قابليته لإعادة التجميع واستخدامه مرارًا وتكرارًا، يعتبر الأثاث القابل للفك والتركيب خيارًا مستداما يساهم في تقليل النفايات وحماية البيئة.

- **تكلفة منخفضة:** بالمقارنة مع الأثاث التقليدي، يعتبر الأثاث القابل للفك والتركيب غالبًا خيارًا أقل تكلفة، مما يجعله جذابًا للعديد من الأفراد والشركات. Ratnasingam, J. (2022)

2-1 الاخشاب المستخدمة في الأثاث الخشبي القابل للفك والتركيب

تعتمد جودة وأداء أثاث الفك والتركيب بشكل كبير على المواد المستخدمة في تصنيعه، ومن بين هذه المواد تأتي الأخشاب بأنواعها التي تشمل الأخشاب الطبيعية والصناعية والمصنعة، وتتنوع هذه الأخشاب في الخصائص التي تقدمها علي حسب وظيفة قطعة الاثاث، ومنها المتانة والقوة والمظهر والتكلفة، وتلعب دوراً حاسماً في تحديد جودة ومتانة الأثاث النهائي.

تتميز الأخشاب الطبيعية بجمالها الطبيعي والفريد، حيث تتوفر بعدد كبير من الأنواع مثل البلوط والزان والموسكي والصنوبر والماهوجني وغيرها علي حسب القيمة الجمالية والوظيفية لقطعة الاثاث، وتعكس الأخشاب الطبيعية فخامةً تضفي قيمةً جمالية ووظيفية إضافيةً على قطع الأثاث.

أما الأخشاب الصناعية أو المصنعة، فتُعتبر بديلاً عمليًا واقتصاديًا، حيث توفر خيارات متعددة من المواد مثل الخشب الرقائقي والخشب المضغوط والألياف المتوسطة الكثافة التي يسهل تشكيلها، مما يتيح للمصنعين تحقيق جميع التصميمات المطلوبة سواء كانت متنوعة ومبتكرة بتكلفة أقل من الخشب الطبيعي. Yan, W., et al (2023).

وحيث إن هذه الدراسة تهدف إلى قياس أثر استخدام بعض خامات التغليف الفعال في حماية الاخشاب من تأثيرات الرطوبة، فلابد أولا من استكشاف وتحليل بعض أنواع الأخشاب الطبيعية والصناعية والمصنعة المستخدمة في الأثاث القابل للفك والتركيب للوقوف على أسباب اختيار عينات الاخشاب المستخدمة في التجربة العملية، وفيما يلي عرض لأهم الأخشاب التي تم اختيارها للتجربة التطبيقية ويمكن استخدامها في صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب:

1-2-1 الأخشاب الطبيعية المستخدمة في صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب:

هي الأخشاب الذي تم إنتاجها بشكل طبيعي ، ولم تتم معالجتها كيميائيًا، وهى تنقسم الى أخشاب لينة وأخشاب صلبة لكل منهما خصائص منفرده عن الاخرى ،وهى غالية وباهظة الثمن مقارنة بالأخشاب الصناعية ،ويتم استخدام الأخشاب الطبيعية في الأثاث القابل للفك والتركيب، لإنتاج قطع الأثاث الهيكلي مثل الكراسي وأرجل المناضد وغيرها كما بالصورة رقم (6)، إن كان يفضل استخدام الاخشاب الطبيعية خفيفة الوزن وسهلة الفك والتركيب، وتتنوع هذه الأخشاب في الخصائص والمميزات التي تقدمها، ويمكن أن تختلف الأخشاب المستخدمة باختلاف التفضيلات والاحتياجات التصميمية والميزانية.

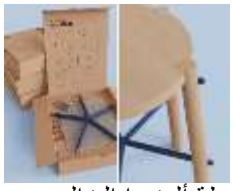
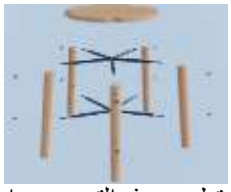
صورة (6) توضح مراحل فك وتركيب منضدة ذات أرجل من الخشب الطبيعي

والجدول رقم (1) يوضح مقارنه بين نوعين من الاخشاب الطبيعية وهما الزان كخشب صلب، والصنوبر كخشب لين، والمقارنة بينهم من حيث مميزات وعيوب استخدام كل منهما في الأثاث القابل للفك والتركيب مع مثال لكل منهما.

جدول رقم (1) يوضح مقارنه بين استخدام نوعين من الاخشاب الطبيعية في الأثاث القابل للفك والتركيب

	الزان	الصنوبر
نبذه عن الخشب المستخدم	الخشب الزان من الاخشاب الصلبة، ذات لون بني فاتح مائل للأحمر ومغلق المسام، ويعتبر الزان من أكثر انواع الخشب الطبيعي استخداما وخاصة في صناعة الاثاث بسبب تميزه بالنعومة والقوة والليونة كذلك فهو سهل التشكيل حيث إنه صافي ومتماسك العروق وموحد الألوان، ومن ثم يعتبر خيارًا شائعًا للأثاث القابل للفك والتركيب. **نسبة الرطوبة:** يمر بمرحلة معالجة وتجفيف مختلفة حتى تصل نسبة الرطوبة به الى 7% وهو غالي السعر بالمقارنة بأنواع الأخشاب الأخرى 	يتميز خشب الصنوبر بخصائصه الخفيفة الوزن وسهولة التشكيل، والاخشاب الناتجة من أشجار الصنوبر تستخدم حاليا في صناعة الأثاث حيث تتميز برخص ثمنها نسبياً وتتوافر فيها المقاومة اللازمة لأغراض الصناعة، والصنوبر الأبيض أحد أنواع خشب الصنوبر، وقد يعرف أحياناً باسم البياض والشوح، ويُعتبَر واحداً من أشهر الأخشاب اللينّة، وأرخصها ثمناً، وهو خشب ذو لون أبيض، ومن خصائصه أنه مقاوم للحريق والنمل الأبيض مما يجعله خيارًا ممكنا للأثاث القابل للفك والتركيب. نسبة الرطوبة: تبلغ كثافته حوالي 35 كجم للمتر المكعب عندما تكون نسبة الرطوبة فيه 12%، ولكنه يمتص الرطوبة والماء بسرعة، مما رشحه كعينة للتجربة التطبيقية .
مميزات استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**المتانة والصلابة:** من الأخشاب الصلبة والمتينة، مما يجعله مقاومًا للتلف والتآكل. ويمكن أن يتحمل الضغط والاستخدام المكثف دون أن يتأثر بسهولة، مما يجعله مثاليًا للاستخدام في الأثاث الذي يتعرض للاستخدام اليومي والمستمر. **مظهر جمالي:** يتميز بتباياته الطبيعية والألوان الدافئة والتوزيع المتجانس للألياف، مما يضفي على الأثاث مظهرًا جماليًا وأنيقًا. يمكن أن يعزز خشب الزان جمالية أي مساحة داخلية بأسلوبه الكلاسيكي والرفيع. **مقاوم للتشوه:** يتمتع خشب الزان بقوة هيكلية عالية تجعله مقاومًا للتشوه والانحناء، مما يعزز من ثبات الأثاث ويطيل عمر استخدامه. **صديق للبيئة**: خشب الزان يعتبر من الخامات الطبيعية والمتجددة، وبالتالي فهو خيار بيئي مستدام. كما أنه يساهم في الحفاظ على التنوع البيولوجي ويقلل من الاعتماد على المواد الاصطناعية غير المستدامة.	**اقتصادي التكلفة**: يعتبر خشب الصنوبر من الخشب الذي يتوفر بكثرة وبتكلفة منخفضة نسبيًا مقارنة بأنواع الخشب الأخرى، مما يجعله خيارًا اقتصاديًا للعديد من الأثاث. **سهولة التشكيل والمظهر الجمالي:** يمكن تشكيل خشب الصنوبر بسهولة، كما يتميز بلونه الفاتح والطبيعي والمظهر الدافئ. **خفة الوزن:** يعتبر خشب الصنوبر خفيف الوزن مقارنة ببعض الأخشاب الأخرى، مما يسهل نقله وتركيبه في الأثاث. **جودة المعالجة:** يمكن معالجة خشب الصنوبر بالتلوين أو الدهان أو الصقل بسهولة، مما يزيد من متانته ويحافظ على جودته على المدى الطويل.
مشاكل استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**تكلفة عالية:** يعتبر خشب الزان من الأخشاب الصلبة ذات الجودة العالية، وبالتالي فإن تكلفته أعلى مقارنة ببعض الأخشاب الأخرى، مما قد يرفع تكلفة تصنيع الأثاث. **ثقل الوزن:** بالرغم من متانته، يعتبر خشب الزان من الأخشاب الثقيلة، مما قد يجعله أكثر صعوبة في النقل والتركيب مقارنة بالأخشاب الأخرى الأخف وزنًا. **صعوبة التشكيل:** يمكن أن يكون خشب الزان صعب التشكيل بالنسبة لبعض التصميمات المعقدة أو الأشكال غير التقليدية، مما قد يحد من إمكانيات التصميم. **تأثر بالعوامل البيئية:** قد يحدث تغير في لون خشب الزان بمرور الوقت بسبب التعرض لأشعة الشمس أو التعرض للرطوبة، مما قد يتسبب في تغير في مظهر الأثاث مع مرور الزمن. **التأثير على البيئة:** في بعض الحالات، قد يؤدي تصنيع خشب الزان إلى تأثير سلبي على البيئة، خاصة إذا كانت عمليات الحصاد غير مستدامة أو تتسبب في الاختلال في النظام البيئي المحيط	**ضعف المتانة:** خشب الصنوبر يعتبر من الأخشاب اللينة، مما يجعله أقل متانة من الأخشاب الصلبة يكون أقل قوة ومقاومة للتلف والكسر، خاصة عند التعرض للاستخدام الشديد أو الظروف البيئية القاسية. **سهولة التلف:** نظرًا لطبيعته اللينة، يمكن أن يتأثر بالخدوش والضرر بسهولة، مما قد يؤدي إلى تدهور مظهر الأثاث بمرور الزمن. **عرضة للانحناء:** قد يتأثر خشب الصنوبر بالانحناء بسبب التعرض للرطوبة أو التغيرات الجوية الشديدة، مما قد يؤثر على استقامة الأثاث ويؤدي إلى تشوهه. **محدودية التشكيل:** بسبب طبيعته الناعمة، قد تكون خيارات التصميم والتشكيل محدودة مقارنة بالأخشاب الصلبة، مما قد يقيد إمكانيات التخطيط والتصميم في بعض الحالات. **عدم التوافق مع بعض التصميمات**: بسبب طبيعته الناعمة والخفيفة، قد لا يكون مناسبًا لبعض التصميمات الثقيلة أو الأثاث ذي الاستخدامات الشديدة. Zhu, Yiwei, and Qiang Wang. (2023).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مثال علي استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	 منضدة معمل مصنوعة من خشب الزان، قابلة للفك والتركيب. تتميز بتصميمها الكلاسيكي وحلها العملي للمعيشة في مساحات صغيرة. **المواد:** **الجزء العلوي:** خشب مضغوط مغطى بقشرة خشب الزان **الأرجل:** خشب الزان **التصميم:** - تصميم كلاسيكي مستوحى من مقاعد المعمل قابل للفك والتركيب في أقل من 15 دقيقة باستخدام مفتاحين فقط -يأتي في علبة تخزين قوية وقابلة لإعادة الاستخدام من الورق المقوى **الوظائف:** - توفر مساحة عمل واسعة - مناسبة للمعيشة في مساحات صغيرة **التأثيرات:** - حل عملي للمعيشة في مساحات صغيرة - سهلة التركيب والفك - صديقة للبيئة **الابعاد:** الارتفاع: 450 مم العرض: 380 مم العمق: 390 مم (design-milk.com)	   تم تطوير هذه التصميم بواسطة ألوندرا إليزالدي، وهي عبارة عن منضدة صغيرة مسطحة ومصممة مع سهولة التجميع لتوفير وسيلة عملية للحصول على منضدة في أي مكان وفي أي وقت. تتكون هذه المنضدة من أجزاء قليلة فقط: مسند المنضدة، وخمسة أرجل مصنوعة من خشب البياض، واثنين من المغازل على شكل نجمة، وبعض الصواميل والمسامير المتصلة. جميع أجزائها موجودة في صندوق من الورق المقوى المموج المسطح، ومن السهل تجميع الأجزاء دون الحاجة إلى أجهزة إضافية. باتباع التعليمات المطبوعة على الجانب السفلي من الغطاء العلوي لعبوة التغليف، يقوم المستخدم أولاً بربط كل ساق بالمسامير المقابلة على المغازل على شكل نجمة، وتعمل مثبتات التوصيل على تثبيت الأرجل والمغازل في مكانها، مما يوفر مسندًا قويًا لتركيب المسند https://www.yankodesign.com/2021/12/16

2-2-1 الأخشاب الصناعية المستخدمة في صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب:

هي الأخشاب التي يتم تصنيعها عن طريق ربط أو لصق خيوط، أجزاء، ألياف، قشور، أو الواح خشبية بمواد لاصقة، أو غيرها من أساليب التثبيت لتشكيل الخشب المصنع، وتصنع هذه الأخشاب وفقاً لمواصفات تصميم دقيقة يتم اختبارها لتلبية معايير تصميم وطنية أو دولية.

من أهم ما يميز الأخشاب الصناعية أنها أخشاب اقتصادية، لرخص ثمنها مقارنة بالأخشاب الطبيعية، لكنها أقل جودة من الأخشاب الطبيعية، وفي الوقت ذاته تتميز بسهولة تشكيلها عن الأخشاب الطبيعية.

ومن عيوب الأخشاب الصناعية أنها أقل جودة ومتانة من الأخشاب الطبيعية، سهلة الكسر لا تعيش لمدة طويلة مثل الخشب الطبيعي، تعيش في المتوسط من 4 إلى 6 سنوات، وهناك صعوبة في تصليحها إذا تم كسرها. والجدول رقم (2) يوضح مقارنه بين نوعين من الاخشاب الصناعية من حيث مميزات وعيوب استخدام كل منهما في الأثاث القابل للفك والتركيب مع مثال لكل منهما.

جدول رقم (2) يوضح مقارنه بين استخدام نوعين من الاخشاب الصناعية في الأثاث القابل للفك والتركيب

	خشب الفايبر (MDF)	**الخشب الحبيبي (Particleboard):**
نبذه عن الخشب	خشب متوسط الكثافة يتم صنعه من خشب طبيعي مفروم من جذوع الأشجار كالجازوارينا والكافور والزان وغيرها من جذوع الأشجار المعمرة. حيث يلصق الخشب الطبيعي المفروم من جذوع الأشجار بمواد كيماوية لاصقة لمعالجتها صناعياً أساسها راتنجات اليوريا فورمالدهايد ثم يتم كبسها في مكابس ميكانيكية تحت ضغوط مختلفة ودرجات حرارة تتناسب مع الأغراض المطلوب لها، وهذا النوع من الأخشاب الاقتصادية، كما يتكون خشب MDF من الألياف الخشبية المفرومة والمضغوطة بالضغط العالي والحرارة، مما يجعله قويًا ومستقرًا ومتينًا. ويمكن تشكيله بسهولة لإنتاج قطع الأثاث بتصميمات متنوعة ومعقدة.	خشب مصنوع من نشارة الخشب أو نبات الكتان، أو مصاص القصب ويتم لصقها بمواد كيميائية معينة، ثم يتم ضغطها بواسطة ماكينات، لتأخذ شكل ألواح الخشب، ولكن هذه العمليات تتم طبقًا لمعايير معينة حتى تكون ذات جودة، وأحياناً يأخذ الخشب الحبيبي قشرة من خشب طبيعي مثل الزان أو الماهوجني أو الأرو. يتكون الخشب الحبيبي من جزيئات الخشب المضغوطة بالضغط والغراء، مما يجعلها قوية ومستقرة. يتم استخدام خشب الحبيبات في صناعة الأثاث بشكل واسع بسبب تكلفته المنخفضة وقدرته على التشكيل بسهولة.

مميزات استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**القوة والمتانة:** مصنوع من الألياف الطبيعية المضغوطة معًا بواسطة الغراء، مما يجعله قويًا ومتينًا. ويمكن أن يتحمل الضغط والاستخدام المكثف دون أن يتشقق أو يتلف بسهولة. **مقاومة للتشوه:** يظل خشب الفايبر مستقرًا تحت التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة، ولا يتأثر بالتشوهات بنفس الطريقة التي تؤثر على الأخشاب الطبيعية. **تشكيل متعدد:** يمكن تشكيل خشب الفايبر بسهولة لإنشاء تصاميم متنوعة ومعقدة، مما يتيح للمصممين الحرية في التصميم والإبداع. **خفة الوزن:** بالرغم من متانته، يعتبر خشب الفايبر خفيف الوزن مما يسهل نقله وتركيبه. **صديق للبيئة:** يتم إنتاج خشب الفايبر باستخدام الألياف الطبيعية المتجددة، مما يجعله خيارًا صديقًا للبيئة.	**مقاومة للانكماش والتمدد:** نظرًا لأن الخشب الحبيبي يكون مصنوعًا من ألياف مضغوطة بشكل كامل، فإنه يظل مستقرًا تحت التغيرات في الرطوبة ودرجات الحرارة، مما يجعله مقاومًا للانكماش والتمدد الذي قد يؤثر على أداء الأثاث. **سهولة الصيانة:** يمكن تلميع وتشحيم الخشب الحبيبي بسهولة للحفاظ على مظهره وجودته على المدى الطويل، ولا يتطلب الكثير من الصيانة مقارنة ببعض المواد الأخرى. **تنوع التصميم:** يمكن تشكيل الخشب الحبيبي بسهولة إلى أشكال وتصاميم مختلفة، مما يتيح للمصممين إمكانية إنشاء قطع أثاث مبتكرة وجذابة تتناسب مع أي مساحة أو نمط ديكور.
مشاكل استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**عرضة للخدوش:** قد تكون خشب الفايبر أقل مقاومة للخدوش مقارنة ببعض الأخشاب الأخرى، مما يعني أنه قد يحتاج إلى العناية الإضافية للحفاظ على مظهره. **صعوبة الاصلاحات:** في حالة التلف أو التلف، قد يكون من الصعب إصلاح أو استبدال أجزاء من الأثاث المصنوع من خشب الفايبر بسبب طبيعته المضغوطة. **تأثير الرطوبة:** على الرغم من مقاومته للتشوه، إلا أن خشب الفايبر قد يتأثر بالتوسع أو الانكماش في حالة التعرض للرطوبة الزائدة. **تكاليف الإنتاج**: قد يكون خشب الفايبر أكثر تكلفة في الإنتاج مقارنة ببعض الأخشاب الطبيعية، خاصة إذا كان يتطلب عمليات تصنيع معقدة. Kim, J. (2019). باختصار، يعتبر خشب الفايبر خيارًا ممتازًا في صناعة أثاث الفك والتركيب بسبب ميزاته العديدة والمتنوعة، ومع ذلك، يجب مراعاة العيوب المحتملة عند اختياره لضمان الحصول على الأثاث المناسب للاحتياجات المحددة مما رشحه بقوه كعينه من الاخشاب الصناعية في التجربة التطبيقية.	**ضعف المتانة:** الخشب الحبيبي عمومًا يعتبر أقل متانة من الأخشاب الصلبة، مما يجعله أقل قوة ومقاومة للتلف والكسر. قد يكون هذا النوع من الخشب أقل ملاءمة للاستخدامات التي تتطلب قوة وصلابة عالية. **عرضة للتشوه:** الخشب الحبيبي يمكن أن يتأثر بالتشوه بسبب التعرض للرطوبة أو التغيرات الجوية الشديدة، مما يمكن أن يؤدي إلى انحناء أو تشوه الأثاث مع مرور الوقت. **صعوبة الإصلاح:** في حالة التلف أو التلف، قد يكون من الصعب إصلاح الأثاث المصنوع من الخشب الحبيبي بسبب طبيعته المضغوطة، مما قد يتطلب استبدال القطع بالكامل بدلاً من الإصلاح. **تأثير البيئة:** يمكن أن يتأثر الخشب الحبيبي بشكل أكبر بالرطوبة أو الجفاف بالمقارنة مع الأخشاب الصلبة، مما يمكن أن يؤدي إلى تغير في شكل الأثاث أو تدهوره بمرور الوقت. **تقليل الجودة الظاهرية:** قد يتمتع الخشب الحبيبي بمظهر أقل جمالية مقارنة بالأخشاب الطبيعية الصلبة، حيث قد يكون لديه مظهر مضغوط أو متجانس يمكن أن يفتقر إلى الطبيعية والجمالية. **تأثيره على البيئة:** في بعض الحالات، قد يكون عملية إنتاج وتصنيع الخشب الحبيبي تستهلك موارد بيئية كبيرة أو تنطوي على استخدام مواد كيميائية ضارة، مما يمكن أن يؤدي إلى تأثير سلبي على البيئة.
مثال علي استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	 صمم كلارك ديفيس مقعد "Gypsy Modular" للأطفال، وهو مقعد مستوحى من قطع الليجو، اللعبة	 صمم باولو كوستا مقعد "Sit'abit Jr." للأطفال، وهو مقعد قابل للفك والتركيب من شركة PLY&co. يتبع المقعد رؤية الشركة المصنعة في مزج التصميم مع الوعي البيئي، مع التركيز على تعليم الأطفال مبادئ البناء البسيط. صُنع المقعد بالكامل من الخشب الحبيبي عالي الكثافة، وهو مادة مقاومة وناعمة. ويتميز المقعد بسهولة تجميعه دون الحاجة إلى الغراء أو أي مثبتات ميكانيكية أخرى.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

	المفضلة لدى الأطفال. يتميز المقعد بتصميمه متعدد الاستخدامات والقابل للفك والتركيب وإعادة التشكيل. صُنع المقعد من خشب MDF متعدد الاستخدامات، وهو مادة مقاومة وسهلة التشكيل. يتكون المقعد من العديد من الأجزاء القياسية التي يمكن استخدامها بأكثر من طريقة. على سبيل المثال، يمكن سحب بعض الرفوف من خزانة الكتب واستخدامها لتحويل الكرسي إلى مقعد. يُعد المقعد قطعة أثاث متعددة الاستخدامات يمكن استخدامها ككرسي أو خزانة كتب أو أي شيء آخر يمكن للأطفال تخيله. يساعد المقعد على تنمية مهارات الإبداع والتفكير النقدي لدى الأطفال. كما يعزز شعورهم بالمسؤولية تجاه البيئة.	يتكون المقعد من ثلاث قطع تتميز بخطوط ناعمة. تم وضع مقبض على إحدى أرجلها لسهولة نقلها أو تخزينها في عبوتها القابلة لإعادة الاستخدام. يتميز المقعد المسطح وسهل التجميع بتصميمه الجذاب، مما يجعله قطعة أثاث ممتعة وصديقة للبيئة. يهدف المقعد إلى تعزيز فهم الأطفال للبناء البسيط من خلال تجميعه بأنفسهم. يساعد المقعد على تنمية مهارات حل المشكلات والتفكير النقدي لدى الأطفال. كما يعزز شعورهم بالمسؤولية تجاه البيئة. تم تصميم المقعد للأطفال دون سن 6 سنوات يجب استخدام المقعد تحت إشراف الكبار

3-2-1 الأخشاب المصنعة الشائعة المستخدمة في صناعة أثاث الفك والتركيب:

الأخشاب المصنّعة هي مواد تُنتج من مواد خام طبيعية مثل الألياف الخشبية، وتُعالج وتُضغط بشكل كبير لتشكيل الواح أو قطع خشبية. تُستخدم هذه المواد بشكل واسع في صناعة أثاث الفك والتركيب، لما لها من القوة والمتانة والقابلية للتشكيل، والجدول رقم (3) يوضح مقارنه بين نوعين من الاخشاب المصنعة من حيث مميزات وعيوب استخدام كل منهما في الأثاث القابل للفك والتركيب مع مثال لكل منهما.

جدول رقم (3) يوضح مقارنه بين استخدام نوعين من الاخشاب المصنعة في الأثاث القابل للفك والتركيب

	ألواح الكونتر	الخشب الرقائقي المضغوط
نبذة عن الخشب	خشب الكونتر يعرف بخشب السدائب حيث تصنع من قطع صغيرة من الخشب الطبيعي والتي تشتهر باسم السدائب، فتوضع تلك القطع بجوار بعضها ومعكوسة في اتجاه الالياف لضمان قوة ومتانة الالواح، بدون ترك مساحة فارغة بينها، ويتم تغليف هذه الألواح بوجهين من القشرة من الجزء العلوي والسفلي، بالإضافة إلى تجميعها باستخدام أدوات اللصق عبر الضغط والحرارة، وتتسم ألواح خشب الكونتر بوزنها الخفيف وقوتها، وذلك بسبب أن اتجاه اللوح نفسه يكون في الاتجاه العكسي من السدائب، وهو ما يرفع معدل قوة الأخشاب ومقاومتها للانكماش والانحناء. 	عبارة عن خشب مصنوع من طبقات رقيقة أو طبقات من قشرة الخشب الطبيعي، التي يتم لصقها معًا ومع طبقات متجاورة مع تدوير حبيباتها الخشبية حتى 90 درجة لبعضها البعض، فيتم الحصول على خشب قوى متين صعب الكسر ذات أحجام مختلفة حيث تتراوح سماكة الطبقات من 1.4 مم إلى 4.3، وهو من أغلى الأخشاب المصنوعة وأفضلها من حيث الجودة. يتكون الخشب الرقائقي من طبقات من الخشب المقطعة رقيقة السمك ملصقة معًا بزاوية متقاطعة، مما يجعله قويًا ومستقرًا. يُستخدم الخشب الرقائقي في صناعة الأثاث للحصول على قطع ذات متانة عالية ومقاومة للتشوه
مميزات استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**قوة ومتانة:** يتميز خشب الكونتر بقوته ومتانته، مما يجعله مقاومًا للتلف والكسر، وبالتالي يعتبر مادة موثوقة لصناعة الأثاث الذي يتعرض للاستخدام الشديد. **سهولة العمل والتشكيل:** يتميز خشب الكونتر بسهولة العمل والتشكيل، حيث يمكن قطعه وتشكيله بسهولة باستخدام الأدوات اليدوية والآلات الخشبية القياسية. **مقاومة للتشوه:** يظل خشب الكونتر مستقرًا تحت التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة، مما يجعله مقاومًا للتشوهات والانحناءات التي قد تؤثر على شكل وأداء الأثاث. **تأثير بيئي إيجابي:** يتم إنتاج خشب الكونتر من مواد متجددة ومعاد تدويرها، مما يجعله خيارًا صديقًا للبيئة ويسهم في الحفاظ على الغابات وتقليل التأثير البيئي السلبي. **خفة الوزن:** بالرغم من قوته، إلا أن خشب الكونتر خفيف الوزن، مما يجعله سهل النقل والتركيب، ويُسهل ذلك	**قوة ومتانة:** بفضل تركيبته المضغوطة، يتمتع الخشب الرقائقي المضغوط بقوة ومتانة عالية، مما يجعله مادة مثالية للاستخدام في صناعة الأثاث والتصميم الداخلي. **استقرار:** يتمتع الخشب الرقائقي المضغوط بقدرة جيدة على مقاومة التشوه والتقلص بفعل التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة. **سهولة التشكيل والتشغيل:** يمكن تقطيع وتشكيل الخشب الرقائقي المضغوط بسهولة باستخدام الأدوات الخشبية العادية، مما يجعله مادة مرنة وسهلة الاستخدام. **مظهر جمالي:** يتوفر الخشب الرقائقي المضغوط بمجموعة متنوعة من التشطيبات والألوان والأنماط، مما يتيح للمصممين إمكانية تحقيق التصميمات المختلفة والجذابة. **تكلفة منخفضة:** يعتبر الخشب الرقائقي المضغوط خيارًا اقتصاديًا مقارنة ببعض الخشب الصلب الطبيعي، مما يساعد في تقليل تكاليف تصنيع الأثاث وتوفير التكاليف للمستهلكين. **سهولة التجميع والتفكيك:** نظرًا لخفة وزنه وتصميمه المرن،

	تجميع وتفكيك الأثاث بسرعة وبسهولة. **تكلفة منخفضة:** يعتبر خشب الكونتر خيارًا اقتصاديًا مقارنة ببعض الأخشاب الصلبة الطبيعية، مما يساعد في تقليل تكاليف تصنيع الأثاث وبالتالي توفير التكاليف للمستهلكين (Kim, J. (2019 .	يمكن تجميع وتفكيك الأثاث المصنوع من الكونتر بسرعة وسهولة دون الحاجة إلى مهارات خاصة أو أدوات معقدة.
مشاكل استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	**ضعف مقاومته للرطوبة:** خشب الكونتر يمكن أن يتأثر بشكل كبير بالرطوبة، مما يمكن أن يؤدي إلى انتفاخه أو تشوهه. لذا، يجب تجنب استخدامه في المناطق التي تتعرض للتعرض المباشر للماء أو الرطوبة العالية. **قابلية التلف بفعل الصدمات:** على الرغم من قوته، إلا أن خشب الكونتر قد يتأثر بالصدمات القوية، مما يمكن أن يؤدي إلى تكسيره أو تلفه. **صعوبة الإصلاح:** في حالة تلف خشب الكونتر، قد تكون عمليات الإصلاح معقدة وصعبة، خاصةً إذا تضررت الألواح الداخلية أو تم تلف الغراء الذي يثبت الألواح معًا. **قيود التشكيل:** بالرغم من قابلية تشكيله، إلا أن هناك قيودًا على درجة التشكيل التي يمكن تحقيقها مقارنة ببعض الخشب الصلب، مما قد يقلل من مرونة التصميم في بعض الحالات. **انبعاث الغازات الضارة:** قد يحتوي خشب الكونتر على مواد كيميائية ضارة مثل الفورمالدهيد في الغراء المستخدم لتجميع الألواح، مما قد يؤدي إلى انبعاث الغازات الضارة في البيئة المحيطة، خاصةً عندما يتعرض للحرارة وقد تم استخدامه كعينه في الدراسة التطبيقية ممثلا عن الاخشاب المصنعة.	**ضعف مقاومته للرطوبة:** يعتبر الخشب الرقائقي المضغوط أقل مقاومة للرطوبة مقارنة بالخشب الصلب، مما يمكن أن يؤدي إلى تورمه أو تلفه عند تعرضه للماء بشكل مباشر أو لفترات طويلة من الزمن. **قابلية التلف بالخدوش:** قد يكون الخشب الرقائقي المضغوط أقل مقاومة للخدوش والتلف بالمقارنة مع بعض الخشب الصلب الأخر، مما يعني أنه قد يفقد مظهره الجمالي بسهولة مع الاستخدام اليومي. **صعوبة الإصلاح:** في حالة تلف الخشب الرقائقي المضغوط، قد تكون عمليات الإصلاح صعبة أو مستحيلة، خاصةً إذا تضررت الألواح الداخلية أو تم تلف الغراء الذي يثبت الألواح معًا. **تأثير المظهر الجمالي:** قد يعتبر بعض الأشخاص أن الخشب الرقائقي المضغوط لا يوفر نفس المظهر الجمالي والفخامة التي يوفرها الخشب الطبيعي الصلب. بالرغم من هذه العيوب، يظل الخشب الرقائقي المضغوط خيارًا شائعًا ومناسبًا للأثاث القابل للفك والتركيب نظرًا لميزاته العديدة مثل سهولة التشكيل والاقتصادية، ومع التعامل الصحيح والصيانة المناسبة، يمكن لهذا النوع من الأثاث أن يكون خيارًا ممتازًا للمنازل والمكاتب.
مثال علي استخدامه في الأثاث القابل للفك والتركيب	 تُظهر منضدة مصنوعة من خشب الكونتر، وهي قابلة للفك والتركيب، تصميم المنضدة مستوحى من شكل البرج، حيث تتكون من قاعدة مربعة وعمود دائري أو رباعي يتصل بها سطح المنضدة. والمنضدة مصنعة من خشب الكونتر الذي يتميز بكونه متينًا وسهل التشغيل، مما يجعله خيارًا مثاليًا لصنع الأثاث، كما أنه يضفي على المنضدة مظهرًا طبيعيًا ودافئًا. تم تصميم قاعدة المنضدة لتكون مربعة الشكل لتوفير الاستقرار والدعم، وعمود المنضدة رباعيًا الشكل لتوفير القوة والصلابة، وسطح المنضدة مستويًا لتوفير مساحة عمل أو تناول الطعام، وارتفاع المنضدة مناسبًا للاستخدام، سواء للجلوس أو الوقوف. الخصائص: **قابلة للفك والتركيب:** تصميم المنضدة يسمح بفكها وتركيبها بسهولة، مما يجعلها سهلة النقل والتخزين. **مستوحاة من شكل البرج:** تصميم المنضدة مستوحى من شكل البرج، مما يضفي عليها مظهرًا أنيقًا وحديثًا. متعددة الاستخدامات :يمكن استخدام المنضدة لغرض مختلف، مثل تناول الطعام، أو العمل، أو وضع الكتب والديكورات.	 كرسي "Frame" مصنوع من الخشب المضغوط، وهو قابل للفك والتركيب. يتميز الكرسي بتصميمه الخفيف الوزن والمتين، مع وجود ذراعين وهيكل يعتمد على هياكل الجمالون المتكاملة. تم تصميم قاعدة الكرسي لتكون مستديرة لتوفير الاستقرار والدعم . سطح الكرسي مريحًا للجلوس. وارتفاع الكرسي مناسبًا للاستخدام، سواء للجلوس أو الوقوف، وزوايا الكرسي مريحة للاستخدام، كما يمكن تخصيص تصميم الكرسي باستخدام ألوان وتشطيبات مختلفة. **الخصائص:** **قابل للفك والتركيب:** تصميم الكرسي يسمح بفكه وتركيبه بسهولة، مما يجعله سهل النقل والتخزين. **خفيف الوزن:** تم تصميم الكرسي ليكون خفيف الوزن، مما يجعله سهل التحريك. **متين:** تم تصميم الكرسي ليكون متينًا وقادرًا على تحمل الأحمال الثقيلة. **ذو ذراعين:** يوفر الكرسي ذراعين مريحين للاستخدام. **هيكل جمالي:** يتميز الكرسي بتصميمه الجمالي الفريد من نوعه، مع وجود هياكل الجمالون المتكاملة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

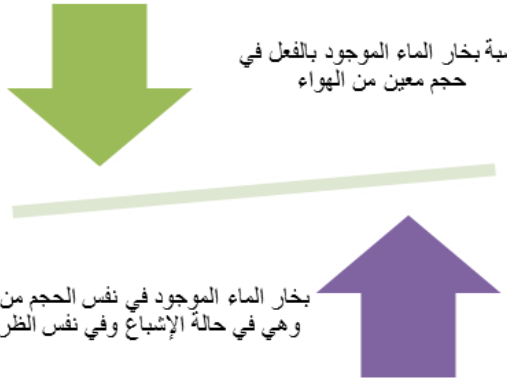
ثانيا: مشاكل الرطوبة في الاخشاب المستخدمة في الأثاث القابل للفك والتركيب

بعد استعراض الاخشاب المستخدمة في الأثاث القابل للفك والتركيب، نجد أن الرطوبة من أهم المشاكل التي تواجه صناعة الأثاث الخشبي، حيث تؤثر بشكل كبير على تركيب الخشب وقدرته على الامتصاص والتبخر للرطوبة، مما يؤثر علي جودة ومتانة الأثاث وتتسبب في تلفه والتشوهات الهيكلية به، حيث يتعرض الأثاث المصنوع من الخشب إلى تأثيرات مختلفة ناتجة عن التغيرات في مستويات الرطوبة في البيئة المحيطة به، فعلى سبيل المثال، تزيد الرطوبة العالية من خطر تشوه الخشب وانتفاخه، بينما قد تؤدي الرطوبة المنخفضة إلى تصدع وتقشر الطبقات الخارجية للأثاث. ومن ثم فيعد التأثير الضار للرطوبة من العوامل التي يجب مواجهتها بجدية، خاصة عند تصدير الأثاث وتعرضه للتغيرات المناخية المتزايدة والظروف البيئية المتقلبة.

ولمعرفة مشاكل الرطوبة في الاخشاب ومنها في الأثاث الخشبي لابد لنا من التعرف على مفهوم الرطوبة النسبية وطرق امتصاصها في الاخشاب كالتالي:

2-1 مفهوم الرطوبة النسبية Relative humidity

الرطوبة النسبية هي نسبة بخار الماء الموجود بالفعل في حجم معين من الهواء في درجة حرارة معينة وتحت ضغط جوي معين، إلى كمية بخار الماء الموجود في نفس الحجم من المادة وهي في حالة الإشباع وفي نفس الظروف ويوضح المخطط (1) مفهوم الرطوبة النسبية في الاخشاب Thybring, E. E., (2021).



مخطط (1) يوضح مفهوم الرطوبة النسبية في الاخشاب

2-2 محتوي الرطوبة في الاخشاب:

يتم تحديد المحتوى الرطوبي (الماء) الموجود في الخشب بأنه وزن الماء في المواد في الحالة الرطبة مقسوماً على وزن المواد في الحالة الجافة، وللحصول على النسبة المئوية للمحتوي الرطوبي يتم ضرب الناتج في 100، ويعتبر المحتوى الرطوبي المتوازن هو المحتوى الرطوبي الموجود في الخشب عندما يكون متوازنا مع المناخ المحلي Thybring, E. E., & Fredriksson, M. (2021).

- تأثير درجة الحرارة على المحتوي الرطوبي:

تتناسب درجة الحرارة عكسيا مع الرطوبة النسبية وبصفه عامة يلعب التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية دورًا مهمًا في الحد من التدهور الناجم عن التغيرات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية للأخشاب، كما تعتمد قدرة الأخشاب على امتصاص الرطوبة على درجة حرارة الهواء فكلما كان الهواء أكثر دفئًا، زادت كمية المياه التي يمكنه امتصاصها The University Of Melbourne (2021)

3-2 تحديد المحتوى الرطوبي المستهدف في الاخشاب:

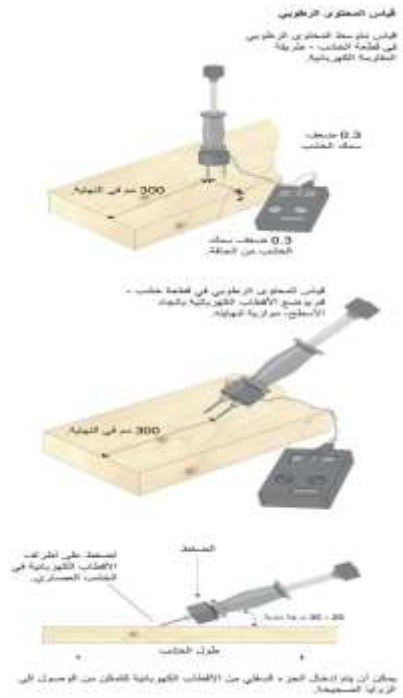
عادة ما يتم تجفيف الخشب للوصول إلى المستوى المحدد من المحتوى الرطوبي المستهدف، ويتم ذلك في أفران التجفيف الموجودة في معامل نشر الخشب، كما أن كل نوع من أنواع الاخشاب بل ان كل قطعة من قطع النوع الواحد تكون قائمة بذاتها وفريدة من نوعها وتتأثر بشكل مختلف فيما يتعلق بالرطوبة، وذلك استناداً إلى كثافتها والراتينج الموجود بها ومدة تخزينها وغير ذلك. وهذا يعني أن كل قطعة من قطع الأثاث يكون لها نطاق معين من نسب المحتوى الرطوبي، والذي يتم جمعه ليشكل نسبة متوسطة، وهو ما يعرف بمتوسط المحتوى الرطوبي لقطعة الاثاث. Glass, S., & Zelinka, S. (2021).

وعند طلب خشب تكون نسبة المحتوى الرطوبي المستهدف فيه 16 في المئة، فمن المُفضل أن يكون متوسط المحتوى الرطوبي للكمية 16 في المئة، ويكون الأمر مثالياً إذا كانت نسبة المحتوى الرطوبي في كل قطع في كمية الخشب المصنعة للأثاث 16 في المئة، إلا أن ذلك يكاد يكون من المستحيل. ومن ثم فمن المسموح أن يكون متوسط المحتوى الرطوبي لقطعة الاثاث والمحتوى الرطوبي لكل قطعة من الاخشاب المكونة لها ضمن نطاق معين من التباينات للطلبيات ذات المحتوى الرطوبي المستهدف المحدد، وفيما يلي جدول يوضح المحتوى الرطوبي المستهدف في الاخشاب المستخدمة في الأثاث القابل للفك والتركيب وفقاً للمعيار SS-EN 14298*:

الجدول يوضح المحتوى الرطوبي المستهدف في الاخشاب المستخدمة في الأثاث القابل للفك والتركيب وفقاً للمعيار SS-EN 14298:

	الاختلافات المسموح بها في المحتوى الرطوبي المتوسط لكمية الخشب		المحتوى الرطوبي المستهدف
الاستخدام	**فوق الحد(%)**	**تحت الحد(%)**	%
الاخشاب اللينة	9	7	**8**
خشب الكونتر والخشب الرقائقي	13,5	10,5	**12**
الأخشاب الصلبة	18	13,5	**16**

عند قياس المحتوى الرطوبي لكل قطعة الاثاث مع محتوى رطوبي مستهدف بنسبة 16%، فإن القيمة المتوسطة للمحتوى الرطوبي في كمية الخشب المكونة للقطعة بأكملها (متوسط المحتوى الرطوبي) يُمكن أن يصل بين 13.5% و18% لكي يتم الموافقة عليه. والشكل رقم (1) يوضح جهاز قياس محتوي الرطوبة في الاخشاب وطريقة القياس https://www.swedishwood.ae/wood-facts/choosing-wood/wood-and-moisture



شكل رقم (1) يوضح جهاز قياس محتوي الرطوبة في الاخشاب وطريقة القياس

2-4 الأسباب والتأثيرات السلبية على ارتفاع مستوي الرطوبة في الأثاث الخشبي:

- أسباب ظهور الرطوبة في الأثاث الخشبي:

تُعتبر درجة الحرارة المنخفضة وضعف التهوية من أهم مسببات الرطوبة في الاثاث، حيث تتشكل الرطوبة على شكل بقعاً صفراء أو خضراء وهي ما يعرف بالعفن، حيث يُعتبر الأثاث الخشبي الأكثر ضرراً وتأثراً بها لما يمتلكه الخشب من خاصية عالية في امتصاص الماء بشكل سريع. (https://www.bayut.sa/blog)

حيث ان الخشب مادة بناء استرطابي، وهذا يعني أن المادة تتحسس بالرطوبة والحرارة في الهواء المحيط وتسعى إلى الحفاظ على حالة التوازن مع المناخ المحيط، من حيث الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة ومن ثم تظهر مشاكل الرطوبة في الأثاث الخشبي.

أضرار انعدام توازن محتوي الرطوبة في الاخشاب أثناء التخزين:

إذا كان المحتوى الرطوبي في الخشب أعلى من المحتوى الرطوبي المتوازن، فإن الخشب سيجف، وإذا كان منخفضاً فإن الخشب سيقوم بامتصاص الرطوبة. عندما يكون المحتوى الرطوبي أقل من نقطة تشبع الألياف، فإن حجم الخشب سيتغير بناء على ذلك، أي أن الخشب يتضخم أو ينكمش وفقاً لذلك.

https://www.swedishwood.ae/wood-facts/Research_into_wood_and_moisture/forskningsresultat

مشاكل ظهور الرطوبة أثناء التخزين:

بمجرد تعبئة قطعة الأثاث يتم إرسالها للتخزين، ومع ذلك فإن التعبئة الجيدة لا تعني بالضرورة أنها محمية بشكل جيد، فعند تعرضها للرطوبة، تتصرف الاخشاب بشكل مختلف، ويتوقف على معدل نقل بخار الماء اعتمادًا على نوع الخشب، فقد يتآكل أو يتجعد أو يتشقق أو تصبح الخامة طرية أو تنهار، لذلك فمن الأفضل محاولة الحفاظ على بيئة مستقرة داخل العبوة، من خلال التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية مما يقلل من التدهور السريع للأخشاب.

فيما يلي بعض الأضرار الشائعة للرطوبة على الأثاث الخشبي:

1- **التآكل:** قد يؤدي التعرض للرطوبة إلى تأكل العناصر التي تحتوي على مكونات مصنوعة من الحديد في الأثاث مثل الإكسسوار والميكانزيم. وليس من السهل إزالة الصدأ، ففي معظم الحالات سيؤدي القيام بذلك إلى مزيد من الضرر للعناصر.

2- **التبلل:** يمكن أن يؤدي التعرض للرطوبة إلى تبلل الأخشاب، خاصة تلك التي تتمتع بقدرة عالية على الامتصاص للرطوبة مثل الاخشاب اللينة. وهذا بدوره يمكن أن يتسبب في ضعف الاخشاب وتغير لونها.

3- **سوء الرائحة:** قد تؤدي زيادة مستويات الرطوبة إلى ظهور رائحة غير تقليدية لبعض الأخشاب نتيجة لنمو العفن والفطريات والبكتيريا، والتخلص من الرائحة ليس بالأمر السهل، خاصة إذا كانت المنتجات المتضررة هي الأخشاب.

مع وضع ذلك في الاعتبار، من المهم معرفة ما يجب فعله لحماية الأخشاب من الأضرار الناجمة عن الرطوبة.

Canal, W. D., Carvalho, et al. (2020).

المحور الثاني: تغليف الأثاث القابل للفك والتركيب لحمايته من مشاكل الرطوبة:

التغليف في مصر يعتمد على الطريقة التقليدية من الورق ولا يعتمد على طرق مبتكرة تستطيع جذب العملاء وتشجعهم على شراء المنتج وخاصة العملاء الأجانب .فأسواق التصدير تتطلب اشتراطات ومعايير معينة لحماية الأثاث داخل الحاويات وأثناء التخزين والتداول في مخازن الجمارك ولا يتم الاهتمام بتلك المعايير في صناعة الأثاث في مصر (Amina Emam 2022) ولدراسة أساليب تغليف الاثاث القابل للفك والتركيب سوف نتعرض بإيجاز لأساسيات التغليف وأهميته في حماية الأثاث من التلف والعوامل البيئية.

3-1 مفهوم التغليف وأهميته في حماية الأثاث:

التغليف هو العلم والفن والابتكار في تأمين العناصر للنقل والتداول والاستخدام (Anon 2018)، وللتغليف أيضًا تأثير قوي على جذب العملاء لشراء السلعة (رحيم وآخرون 2014). وقد أوضح راتناسينغام (2019) أن التغليف يمكن أن يساهم بما يصل إلى 8% من إجمالي تكلفة المواد للأثاث، ولا يمكن التقليل من توجهه المالي. في حالة الأثاث القابل الفك والتركيب، تلعب التعبئة والتغليف دورًا أساسيًا في ضمان حمايته من الأذى والضرر أثناء النقل والتخزين، فيجب أن يصل الأثاث إلى موقع العميل في حالة لا تشوبها شائبة (هيوز 1996).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

يجب أن يكون الأثاث المعبأ جيدًا قادرًا على الحفاظ على خصائصه الأساسية أثناء النقل والتخزين. يجب أن تكون العبوة يمكن التعرف عليها بوضوح، وتوفر تعليمات كافية للتجميع والاستخدام كما بصورة (7)، بصرف النظر عن تسليط الضوء على أي إشعارات للمخاطر المحتملة، من خلال الصور والرسوم التوضيحية لسهولة الفهم (Csanády et al. 2019). وبهذه الطريقة، يجب أن تكون عبوات الأثاث متينة للحفاظ على جودة السلعة، وكذلك تلبية ميول العميل.

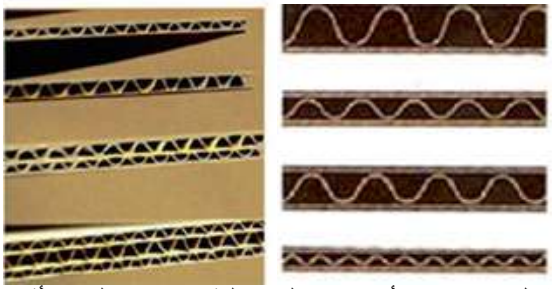
صورة (7) توضح وتوفر تعليمات كافية للتجميع والاستخدام على عبوة التغليف

1-1-3 مواد التعبئة والتغليف المستخدمة في الأثاث:

يتم استخدام العديد من المواد المختلفة للتغليف، بدءًا من الصفائح المطوية والكرتون، وأفلام السلوفان، ورغوة البولي إيثلين (PE)، والبولي ستيرين (الستايروفوم)، ولفائف الفقاعات، والقطن، والصفائح البلاستيكية، والورق، والأشرطة الورقية اللاصقة، وأشرطة البولي بروبلين (PP). (سوروكا 2009). ويوضح الشكل (2) عدد من تلك المواد.

شكل (2) يوضح عدد من مواد التغليف

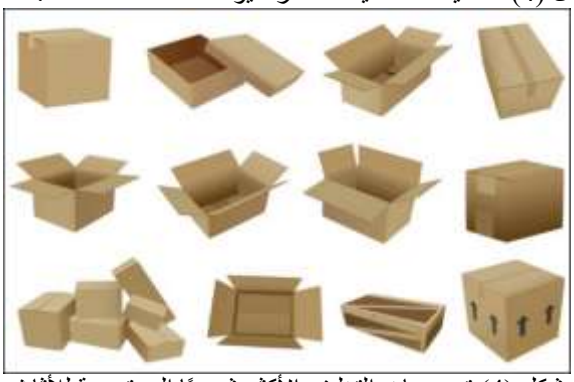
تعد الألواح المموجة والكرتون من أكثر مواد التغليف الخارجية شيوعًا للأثاث. وهي مصنوعة من ورقة واحدة أو أكثر من الورق المنحني المعروف باسم "التفلت" والمثبت بمادة لاصقة على بطانتين أو أكثر. قد يحتوي على مقسم فردي أو ثنائي أو ثلاثي ومصنوع من نوع مميز من الورق يُعرف باسم البطانات (Twede et al. 2015). قد تكون المادة الخام المستخدمة في صناعة الألواح المموجة هي ألياف الخشب، وتفل قصب السكر، وقشر الأرز، والخيزران، وما إلى ذلك، وعادة ما يتم تصنيع البطانات من مصادر الألياف المعاد تدويرها من الألياف القصيرة والطويلة وتأتي الكراتين المموجة بأحجام وسماكات مختلفة لتوفير درجات مختلفة من الحماية كما بالشكل (3) (Csanády et al. 2019).



شكل (3) يوضح أحجام وسمك مختلفة في مواد تغليف الأثاث

يتم التعبير عن وزن الورق المستخدم في الكرتون المضلع بالجرام ويتم تفصيله بالجرام/م2. من بين الجرام الأكثر شيوعًا الموجودة في السوق هي 125 جرامًا و150 جرامًا و185 و200 جرامًا و300 جرامًا، وتتراوح نسبة الرطوبة المثالية للكرتون المضلع بين 6.5 و9.5%. في حالة انخفاض الرطوبة عن النقطة المثلى، فإنها ستؤدي إلى كسر اللوح المضلع، وإذا كانت أعلى من هذا الحد، فسوف تقلل من قوة ضغط اللوح (Twede et al. 2015).

هناك العديد من التصميمات للكرتون المضلع، وكل منها يخدم منتجًا معينًا ورغبة العميل، وتصميم الكرتون المضلع وصناعة التعبئة والتغليف صناعة عالمية تبلغ قيمتها مليارات الدولارات ويوضح شكل (4) تصميمات التغليف الأكثر شيوعًا المستخدمة للأثاث.



شكل (4) تصميمات التغليف الأكثر شيوعًا المستخدمة للأثاث

3-1-2 مشاكل التغليف التقليدي للأثاث القابل للفك والتركيب:

مواد التغليف الداخلية الأكثر شيوعًا الموجودة في السوق هي وسائد رغوة البولي إيثلين، ولفائف الفقاعات، والبلاستيك، والصفائح الورقية، وهي أقل صلابة، وذات كثافة وقوة وصلادة أقل (Hughes 1996). وعلى الرغم من أن الصفائح البلاستيكية أقل تأثراً بالعوامل البيئية، وخاصة تغيرات درجة الحرارة والرطوبة، إلا أنها يجب أن تكون جافة قبل استخدامها كمواد تعبئة داخلية لتجنب نمو أي كائنات دقيقة مثل العفن، ومع أخذ كل الأمور في الاعتبار، فإن استخدام الأغطية البلاستيكية أقل تفضيلاً بسبب تأثيرها السلبي على البيئة (Maharishi et al. 2019). لكن مع تزايد الاهتمام العالمي بالاستدامة، فإن تغليف الأثاث يجذب اهتمامات بحثية متزايدة مما يوجهنا نحو استخدام التغليف الفعال في حماية الأثاث من الرطوبة، حيث يمكن أن توفر هذه التقنية حلاً مبتكرًا لتحسين جودة ومتانة الأثاث والحفاظ عليه خلال فترات طويلة من التخزين.

2-3 مفهوم التغليف الفعال active packaging:

يعني التغليف الفعال توفر وظائف نشطة تتجاوز الاحتواء السلبي الخامل وحماية المنتج، وعادة يشمل التغليف الفعال القدرة على إحساس أو قياس الجو الداخلي للعبوة أو بيئة الشحن بهدف حماية المنتج نفسه، حيث تعمل العبوة الفعالة على تعديل الغلاف الجوي داخل العبوة والتلاعب به عمدًا للحفاظ على الحالة المناسبة للمنتج وإطالة مدة صلاحيته. Day, Brian PF, and L. Potter (2011)

1-2-3 هدف التغليف الفعال للأثاث القابل للفك والتركيب:

زيادة العمر الافتراضي لقطعه الأثاث من خلال حفاظ العبوة على المنتج الذي بداخلها، حيث تتلامس العبوة بشكل مباشر مع قطعة الاثاث وتقضي على المكونات الناشئة من البيئة المحيطة، ويستخدم المصنعون عناصر مختلفة اعتمادًا على الغرض الذي نريد حماية الأثاث الذي يتم شحنه، وأكثر العناصر شيوعًا هي مواد ترشيح الضوء، امتصاص الإيثلين، امتصاص الأكسجين، التحكم في الرطوبة، الطلاء المضاد للميكروبات.

https://www.munters.com/en/knowledgebank/articles-library/spotlights/why-humidity-control-will-protect-both-your-packages-and-your-products

2-2-3 استخدام مواد التغليف الفعال للتحكم في الرطوبة:

مواد التعبئة والتغليف الثانوية (صندوق في صندوق) لا تتأثر عادةً بتغيرات درجات الحرارة أثناء التخزين أو النقل، ولكنها تتأثر بالتغيرات في مستوى الرطوبة المحيطة، كلما طالت فترة التخزين، زاد خطر تلف مواد التعبئة والتغليف، وبالتالي تعريض المنتج نفسه للتلف، ولذلك تم استخدام المجففات للتحكم ببخار الماء في العبوات المغلقة. Qiu, Fenghe, and Garry Scrivens, (2018)

3-2-3 مفهوم المجففات الاسترطابية:

المجفّف هو مادة استرطابيّة عادة في كيس مسامي يوضع داخل عبوة محكمة الغلق، يتم استخدامه لتمديد العمر الافتراضي للمنتجات الحساسة للرطوبة، والاسترطاب هو قدرة المادة على جذب جزيئات الماء من البيئة المحيطة عن طريق الامتصاص؛ ويحدث الاسترطاب عادة عند درجة حرارة الغرفة العادية، معظم المواد الاسترطابية عبارة عن أملاح، وهناك مواد أخرى تحمل هذه الخاصية ويتم ذلك بحدوث تغيير فيزيائي في المادة الماصة عند تعلق جزيئات الماء فيها وذلك إما بزيادة الحجم أو الالتصاق أو غيرها من الخواص الفيزيائية، وقد يتطلب تخزين المواد الاسترطابية في أوعية مغلقة، بسبب تأثرها بالرطوبة الجوية.

https://absortech.com/moisture-magazine/silica-gel-desiccants-moisture-absorption-things-you-need-to-know

يمتص المجفف بخار الماء (الرطوبة) من الهواء المتبقي داخل العبوة بعد أن تم إغلاقها، كما سيتم أيضًا امتصاص الرطوبة التي تخترق الكيس.، ويظل المجفف جافًا عند اللمس حتى عندما يكون مشبعًا بالكامل ببخار الرطوبة.

تُستخدم المجففات عادةً للحفاظ على المنتجات جافة ومستقرة، ويمكن للمجففات الجافة أن تمتص الرطوبة من الهواء إما عن طريق الامتزاز الفيزيائي أو عن طريق التفاعل الكيميائي، وبالتالي تقليل الرطوبة في المساحة العلوية للحاويات المغلقة. يعد امتصاص الرطوبة بواسطة هلام السليكا مثالًا على الامتزاز الفيزيائي، ويعتبر الامتصاص بواسطة أكسيد الكالسيوم مثالًا على التفاعل الكيميائي، وينبغي أن تكون ماصات الرطوبة خالية من الأحماض ومدمجة في الكيس مما يسمح للرطوبة بالتغلغل إلى داخل الكيس وعدم السماح للمياه بالخروج مرة أخرى، ويتم امتصاص الرطوبة عن طريق التكثيف الشعري (الخاصية الشعرية) في المسام الدقيقة، وقد يكون الامتصاص عن طريق تكوين رابطة كما يحدث في ماصات هلام السليكا.

http://ar.absorbwell.in/desiccant/calcium-chloride-desiccant/desiccant-moisture-absorbent.html

3-3 العوامل التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند اختيار ممتص الرطوبة (المجفف) المستخدم في تغليف الأثاث:

من أجل تحديد قدرة الامتصاص والاستيعاب الصحيحة وتشمل هذه ما يلي:

1- حجم ووزن قطعة الاثاث.
2- العمر الافتراضي المطلوب لقطعة الاثاث (فترة التداول والشحن والتخزين).
3- درجات الحرارة والرطوبة المختلفة التي سيتعرض لها قطعة الاثاث.
4- معدلات انتقال بخار الماء لمواد التعبئة والتغليف.
5- النشاط المائي الأولي (Aw) للأخشاب المكونة لقطعة الاثاث. (Justin ,Williams2023)

4-3 المواد المسترطبة Hygroscopic materials:

غالباً عبارة عن أملاح شرهة للرطوبة وتمتص كميات كبيرة نسبياً من الماء من الجو عند تعرضها له ومنها كلوريد الزنك و كلوريد الكالسيوم وهيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم وغيرها من الأملاح (هي مركبات شديدة الاسترطاب لدرجة أنها قد تذوب بسهولة في الماء الذي تمتصه، وبعضها يميل إلى تشكيل كتل عند تعريضها للهواء الرطب (كالملح داخل رشاشة الملح في الجو الرطب) وهناك عدة أنواع من المواد المسترطبة منها ما يتحول لمحلول عند امتصاصها للماء ومنها ما يتكتل ويتصلب عند

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

امتصاص الرطوبة داخل العبوة المغلفة وفيما يلى المجففات الأكثر شيوعا في الاستخدام.

3-4-1. الملح الصخري Sodium chloride NaCl

يتكون الملح الصخري من مزيج من كلوريدات الصوديوم (الملح المنزلي) مصحوبًا بكلوريدات البوتاسيوم وكلوريدات المغنيسيوم، والتي توجد في رواسب على سطح الأرض كما إنها تنتمي إلى الصخور الرسوبية الكيميائية، التي تتبخر، بسبب تكوينها بالتفاعلات الكيميائية، ولذلك يطلق المصطلح على الملح الناتج عن الترسب الكيميائي عن طريق تبخر الماء للأحواض البحرية القديمة في البيئات الرسوبية، ويتكون الملح الصخري من ترسب أملاح كلوريدات الصوديوم (NaCl)، مع معدن الهاليت كما موضح بصورة (8) . نتيجة تبخر مياه البحر المجمعة في المناطق الضحلة، ويتم استخراجه بطريقتين إما منجم مفتوح على سطح الأرض أو بالإنفاق ثم يستخرج ويعالج.

يعد الملح الصخري بمثابة مادة جاذبة لجزيئات المياه الموجودة في الجو والتي تتمثل بالرطوبة الزائدة، ويمكن استخدامه كطريقة طبيعية وسهلة مما يجعله مجففًا فعالاً.

لإنشاء كيس مجفف، يتم وضع الملح الصخري في مادة قابلة للتنفس (مسامية)، مثل مرشح القهوة أو القماش القطني، ثم تأمينه بشريط مطاطي أو خيط. يمكن أن تساعد هذه الحزمة المجففة محلية الصنع على امتصاص الرطوبة في المساحات الصغيرة المغلقة.

https://www.disidry.it/en/blog/dessiccant-salts-dehydration-salts-are-they-really-named-this-way/

صورة (8) توضح الملح الصخري المستخدم في امتصاص الرطوبة

3-4-2. هلام السليكا Silica gel:

يوجد هلام السليكا / ثاني أكسيد السيليكون (Si02) بكميات كبيرة في الطبيعة على شكل رمل وكوارتز وما شابه وهلام السليكا غير قابل للذوبان في الماء ويوجد عادة على شكل مسحوق أبيض ويعتبر باختصار الشكل غير المتبلور وغير البلوري لثاني أكسيد السيليكون (Si).

هلام السليكا هو شكل غير متبلور عالي المسامية من السليكا ($SiO_2 \cdot xH_2O$) كما بصورة (9) ، وتتكون جزيئات هلام السليكا من شبكة مترابطة من المسام المجهرية (الشعيرات الدموية)، وبالتالي لها مساحة سطحية كبيرة جدًا، وتشمل آليات امتصاص الرطوبة بواسطة هلام السليكا الامتزاز السطحي والتكثيف الشعري في الشبكة المسامية، ويعمل هلام السليكا بشكل جيد في درجة الحرارة المحيطة، ولكن في درجات الحرارة المرتفعة قد يؤدي إلى انخفاض معدل الامتزاز ومحتوى الرطوبة المتوازن، كما يمكن إزالة الرطوبة الموجودة في هلام السليكا بالكامل عن طريق التجفيف عند درجة حرارة 110 درجة مئوية.

صورة (9) توضح جل السليكا المستخدم في امتصاص الرطوبة في عبوة التغليف الفعال

يتمتع هلام السليكا بمساحة سطحية داخلية كبيرة، وهي مادة لا طعم لها، وعديمة الرائحة، وغير سامة، وغير قابلة للتآكل، وخاملة كيميائيا، كما إنها مادة ماصة نشطة للغاية ومتوفرة في العديد من أحجام الشبكات المصممة للعديد من الاستخدامات في الصناعة. أثناء الامتزاز، لا يوجد أي تفاعل كيميائي في هلام السليكا، ولا يتم إنشاء أي منتجات ثانوية. وهو غير لذيذ، ولا يتغير شكله وحجمه أبدًا. تظل أسطحه الخارجية جافة ويبقى حر التدفق، حتى عندما يكون مشبعًا بالماء.

https://www.hunterindustrialsupplies.com.au/blog/keep-your-goods-moisture-free/

يفضل هلام السليكا بقوة امتصاص الماء أعلى من معظم المواد الأخرى، ومع ذلك فهو يعمل أيضًا بشكل جيد كمادة ماصة لمركبات الكبريت والنيتروجين، وثاني أكسيد الكربون، وC12، وHC1، والهيدروكربونات الموجودة في نطاق البنزين، والعطريات، والعديد من المركبات الأخرى. يمكن للمواد الهلامية السائبة أن تمتص العديد من هذه المركبات بكميات كبيرة. ويتم استخدامه على نطاق واسع لمجموعة كبيرة من التطبيقات الصناعية التي تتطلب مادة ماصة انتقائية أو مجففًا عالي السعة.

(Song, Tingyu, et al 2022)

يقوم جيل السليكا بامتصاص الرطوبة عن طريق الامتزاز، مما يعني أن جزيئات الماء تلتصق بسطح هلام السليكا، ويعتبر هلام السليكا مكونًا مساميًا للغاية ويحتوي على عدد كبير من الفراغات التي قد تحتوي على الماء عند الحاجة.

3-4-3. هيدروكسيد الكالسيوم Calcium hydroxide

هو مركب له صيغة كيميائية Ca (OH) 2 ويتم تصنيفه من المركبات العضوية حيث أنه ناتج عن خلط أكسيد الكالسيوم ونتيجة لذلك تم تسمية هذا المركب بالجير السريع وهو عبارة عن مسحوق لونه أبيض كما بصورة 10).

https://www.adda247.com/school/calcium-hydroxide-formula

صوره (10) توضح هيدروكسيد الكالسيوم

هيدروكسيد الكالسيوم قليل الذوبان في الماء، وتقل قابليته للذوبان مع زيادة درجة الحرارة، حيث ينحل بشكل ضعيف في الماء (فقط 165 مغ لكل 100 مل ماء). على عكس أغلب الأملاح فإن انحلالية هيدروكسيد الكالسيوم تنقص مع ارتفاع درجة الحرارة، فهو ينحل 186 مغ/100 مل ماء عند الدرجة 0° ، في حين ينحل 77 مغ/100 مل ماء عند الدرجة 100°س .يُعرف المحلول عديم اللون والشفاف الذي يتم الحصول عليه عن طريق الذوبان في الماء باسم ماء الجير الصافي.

https://www.chemicalslearning.com/2023/03/calcium-hydroxide-definition-formula.html

5-3 الأكياس الحاوية لمماصات الرطوبة Moisture Barrier Bag:

الأكياس المجففة هي في الأساس عبارة عن مواد غير منسوجة مسامية تسمح للمواد المجففة المعبأة فيها بامتصاص الرطوبة بشكل فعال داخل حاويات التغليف أو التخزين لحماية الأغراض والمنتجات كما بصوره (11)

يجب أن يكون كيس حاجز الرطوبة متوافق مع المادة المجففة المستخدمة وقابلاً للإغلاق بالحرارة، كما يجب أن يتم الغلق دون فراغ كامل، وإلا فلن يكون هناك جو داخل الكيس يمكن أن يعمل فيه المجفف، لذلك يجب الاحتفاظ ببعض الهواء يبقى في الكيس ويتم تعبئة الكيس بحوالي 6.5جم من المادة المجففة. HTEx / TEEx 2022

صوره (11) توضح الأكياس الحاوية لمماصات الرطوبة وبطاقة مؤشر الرطوبة

1-5-3 المواد المستخدمة لتصنيع الأكياس الحاوية لمماصات الرطوبة عن طريق الإمتزاز الفيزيائي:

الامتزاز الفيزيائي هو التصاق الجزيئات (أو الأيونات أو الذرات) بسطح جسم صلب أو سائل حيث تتراكم الجزيئات فقط على السطح ولا تدخل في حجم المادة الممتزة (المدمصة Adsorbing Material) وتدعى المادة التي تُمتز جزيئاتها على السطح بالمادة التي تُمتز أو تُدمصAdsorbate ، وتدعى المادة التي يجري على سطحها عملية الامتزاز، بالمادة المدمصة أو الممتزة .Adsorbent أما عملية الامتزاز فهي ظاهرة سطحية، ومن المواد التي تمتص الرطوبة عن طريق الإمتزاز الفيزيائي هلام السليكا لذا يتم وضعه في أكياس من الكرافت أو الاقمشة غير المنسوجة أو أكياس من البولي إيثلين عالي الكثافة. (Sato, Masato2018)

- الكرافت CLAY KRAFT:

أحد المجففات الخالية من البلاستيك والتي تم تصنيعها باستخدام البنتونيت كما بصوره (12). ومن الإيجابيات الأخرى لهذا المجفف الطبيعي أنه يستخدم ورق كرافت قابل للتحلل بالكامل، وعندما تكون البضائع في مرحلة العبور، فإنها تصبح عرضة للضرر من الرطوبة الزائدة بسبب التقلبات الكبيرة في مستويات درجات الحرارة والرطوبة، وهو مادة طبيعية تمتص الرطوبة من الهواء داخل العبوات، ويحمي من التلف الناجم عن الرطوبة، كما أنه يلعب دورًا حيويًا في الحفاظ على جودة المنتجات وطول عمرها. (Anokye-Bempah, Laudia, et al2023)

صوره (12) توضح أكياس الكرافت المستخدمة لتعبئة المواد الاسترطابية

وقد تأتي المجففات في أكياس من القماش باللون الأبيض أو الأصفر أو من المواد غير المنسوجة من مختلف الشركات المصنعة. بينما استخدام أكياس القماش يخفض سعر المادة المجففة المستخدمة مما يوفر التكلفة وبصفة عامة لا تشكل خامة الأكياس حاجزًا أمام المجفف ليمتص الرطوبة، وقد تكون في كيس من البولي إيثلين عالي الكثافة في الأوزان الكبيرة ويتم التعبئة منها في أكياس غير منسوجة كما بالشكل (5).

http://ar.absorbwell.in/desiccant/calcium-chloride-desiccant/desiccant-moisture-absorbent.html(23 December 2023)

شكل (5) يوضح كيس من البولي إيثلين عالي الكثافة لهلام السليكا

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

2-5-3 المواد المستخدمة لتصنيع الأكياس الحاوية لمماصات الرطوبة عن طريق التفاعل الكيميائي:

يحدث امتصاص عن طريق تفاعل كيميائي حيث تحدث عملية تدخل فيها الذرات والجزيئات، والأيونات (الشوارد) في حجم جسم صلب أو مادة سائلة .وهي عملية تختلف عن الادمصاص أو الامتزاز، لأن الجزيئات التي تخضع للامتصاص تدخل ضمن الحجم الكلي وليس على سطحه. فالامتصاص شمل الحجم الكلي للعامل الممتص Absorbing Agent يمكن أن تتحول المادة المجففة إلى هلام حيث يحدث تفاعل كيميائي مع الرطوبة ومنها كلوريد الكالسيوم كمجفف ويتم التعبئة لهذه المجففات في أكياس من طبقتين مصنوعة من القماش غير المنسوج والتي لها مسامية عالية تسمح بامتصاص الطوبة إلى داخل الكيس وعدم تسرب الماء الناتج من التفاعل مع المجفف أو تبخره كما هو موضح في الشكل (6).

https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Chloride

شكل (6) يوضح أكياس مماصات الرطوبة عن طريق التفاعل الكيميائي

المحور الثالث: الجانب العملي (التجريبي):

في الجانب التطبيقي تم اختيار ثلاث عينات من الاخشاب المستخدمة في اثاث الفك والتركيب، عينه ممثله لكل نوع سواء كان طبيعي أو صناعي او مصنع، ثم المفاضلة بين ثلاث أنواع من مماصات الرطوبة في التغليف الفعال للأنواع التي تم اختيارها من الأخشاب الأكثر استخداما في تصنيع الأثاث الخشبي وذلك لترشيح المادة الأكثر فاعلية في امتصاص الرطوبة داخل بيئة العبوة في تغليف الأثاث الخشبي.

أنواع مماصات الرطوبة التي تم اختيارها كالتالي:

- جل السليكا.
- هيدروكسيد الكالسيوم.
- الملح الصخري.

عينات الأخشاب التي تم اختيارها كالتالي:

- خشب طبيعي (الصنوبر الابيض).
- خشب صناعي (كونتر).
- خشب مصنع (MDF).

مراحل التجربة:

1- تم توحيد أبعاد العينات لضمان دقة القياسات والنتائج حيث كانت ابعاد كل عينة (7.3 X 7 X 1.8) سم كما موضح بالشكل (7):

خشب طبيعي (صنوبر ابيض)

خشب صناعي (MDF)

خشب مصنع كونتر سدائب

شكل (7) يوضح عينات الاخشاب التي تم اختيارها

2- تم استخدام عبوات من الكرتون الدوبلكس موحدة الابعاد أيضا لضمان دقة النتائج أبعادها9.5 X (17 X 7) وتم رصد درجة الحرارة والرطوبة داخل بيئة العبوة باستخدام جهاز قياس الرطوبة ودرجة الحرارة (جينيريك) الموضح بالشكل (8):

شكل (8) يوضح جهاز قياس الرطوبة ودرجة الحرارة داخل بيئة العبوة

3- تم استخدام المادة الماصة للرطوبة في كيس من القماش الغير منسوج موحد القياسات مقاسه (4 X 4) سم، ثم غلقه باللحام بعد تعبئته بأوزان موحدة من المادة الماصة للرطوبة وذلك لضمان دقة النتائج.

4- تم تثبيت درجة الحرارة عند 12 ° م والرطوبة النسبية عند 75 داخل بيئة العبوة، ثم إحكام غلق العبوة المحتوية على عينات الخشب.

5- مدة التجربة: 15 يوم

6- قياس نسبة المحتوى الرطوبي (الماء) الموجود في الأملاح الماصة للرطوبة بالقانون التالي:

(وزن الماء في المواد الرطبة/ وزن المواد في الحالة الجافة) x 100

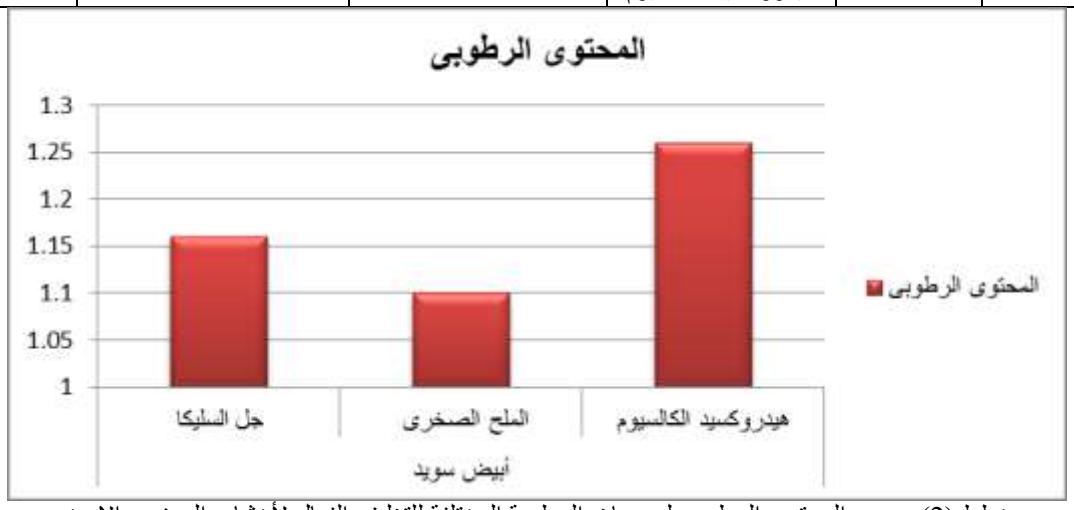
7- قياس تغير محتوى الرطوبة لماصات الرطوبة داخل العبوة وكانت النتائج كالتالي:

أولا: قياسات مماصات الرطوبة للتغليف الفعال لأخشاب الصنوبر الابيض:

عند قياس نسبة المحتوي الرطوبي لخامات التغليف الفعال في خشب الكونتر نجد أن أملاح هيدروكسيد الكالسيوم حققت أعلى نسبة امتصاص للرطوبة بمحتوي رطوبي (1.26) يليها جل السليكا بمحتوي رطوبي (1.16) ويأتي الملح الصخري في النهاية بمحتوي رطوبي (1.10). ويوضح الجدول (5) والمخطط (2) نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الصنوبر الابيض

جدول (5) يوضح نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الصنوبر الابيض

نوع عينة الخشب	وزن عينة الخشب	نوع العينة الماصة للرطوبة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة قبل التجربة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة بعد التجربة	المحتوى الرطوبي
أبيض سويد	65 جم	جل السليكا	6.5 جم	7.6	1.16
		الملح الصخري		7.2	1.10
		هيدروكسيد الكالسيوم		8.2	1.26



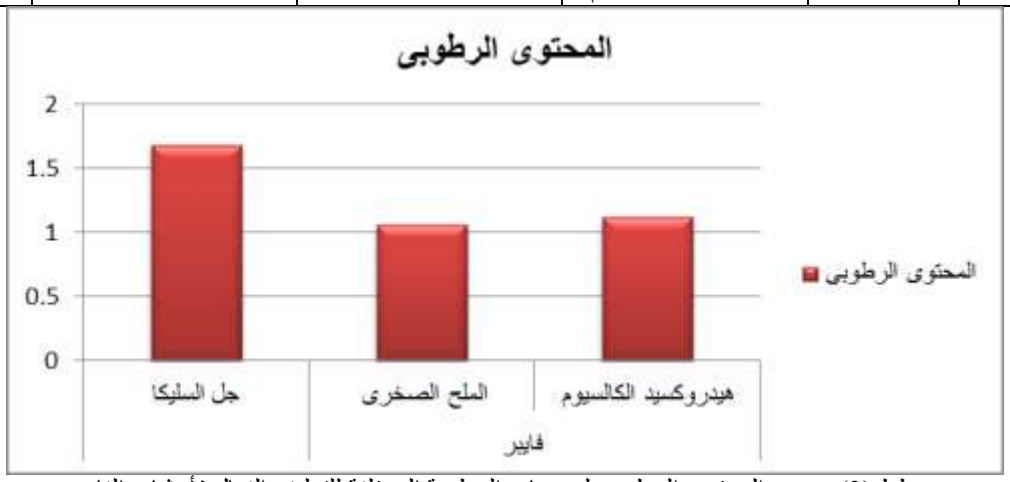
مخطط (2) يوضح المحتوى الرطوبى لممصات الرطوبة المختلفة للتغليف الفعال لأخشاب الصنوبر الابيض

ثانيا: قياسات مماصات الرطوبة لتغليف فعال لأخشاب الفايبر

عند قياس نسبة المحتوي الرطوبي لخامات التغليف الفعال في خشب الفايبر (MDF) نجد أن جل السليكا حقق أعلى نسبة امتصاص للرطوبة بمحتوي رطوبي (1.68) يليها أملاح هيدروكسيد الكالسيوم بمحتوي رطوبي (1.12) ويأتي الملح الصخري في النهاية بمحتوي رطوبي (1.06). ويوضح الجدول (6) والمخطط (3) نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الفايبر.

يوضح الجدول (6) نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الفايبر

نوع عينة الخشب	وزن عينة الخشب	نوع العينة الماصة للرطوبة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة قبل التجربة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة بعد التجربة	المحتوى الرطوبي
فايبر	50 جم	جل السليكا	5 جم	8.4	1.68
		الملح الصخري		5.3	1.06
		هيدروكسيد الكالسيوم		5.6	1.12



مخطط (3) يوضح المحتوى الرطوبى لممصات الرطوبة المختلفة للتغليف الفعال لأخشاب الفايبر

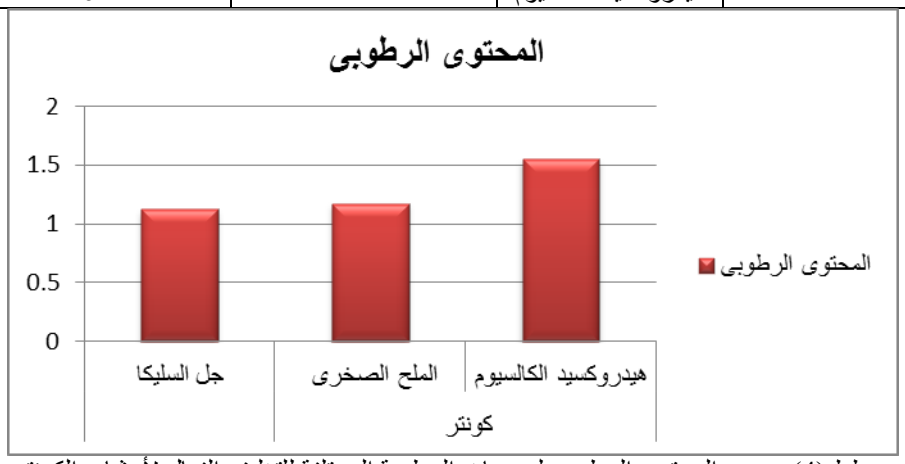
ثالثا: قياسات ماصات الرطوبة لتغليف فعال لأخشاب الكونتر سدائب

عند قياس نسبة المحتوي الرطوبي لخامات التغليف الفعال في خشب الكونتر سدائب نجد أن أملاح هيدروكسيد الكالسيوم حقق أعلى نسبة امتصاص للرطوبة بمحتوي رطوبي (1.55) يليها الملح الصخري بمحتوي رطوبي (1.75) ويأتي جل السليكا في النهاية بمحتوي رطوبي (1.125). ويوضح الجدول (7) والمخطط (4) نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الكونتر سدائب.

يوضح الجدول (7) نتائج قياس خامات التغليف الفعال لأخشاب الكونتر سدائب

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نوع عينة الخشب	وزن عينة الخشب	نوع العينة الماصة للرطوبة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة قبل التجربة	وزن عينة المادة الماصة للرطوبة بعد التجربة	المحتوى الرطوبي
كونتر	40 جم	جل السليكا	4 جم	4.5	1.125
		الملح الصخري		4.7	1.175
		هيدروكسيد الكالسيوم		6.2	1.55



مخطط (4) يوضح المحتوى الرطوبى لممصات الرطوبة المختلفة للتغليف الفعال لأخشاب الكونتر

النتائج: Results

أولا: نتائج الدراسة النظرية:

من الدراسة النظرية نستنتج أن:

1- يمكن استخدام خشب الفايبر والكونتر سدائب والزان والصنوبر الأبيض في صناعة الأثاث القابل للفك والتركيب

2- يمكن استخدام أملاح هيدروكسيد الكالسيوم والملح الصخر وجل السليكا في التغليف الفعال لقطه الأثاث القابل للفك والتركيب

ثانيا: نتائج التجربة التطبيقية:

1- لتغليف أخشاب أبيض سويد تغليف فعال حققت أملاح هيدروكسيد الكالسيوم أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليها جل السليكا ويأتي الملح الصخري في النهاية.

2- لتغليف أخشاب الفايبر تغليف فعال حقق جل السليكا أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليه هيدروكسيد الكالسيوم ويأتي الملح الصخري في النهاية.

3- حققت أملاح هيدروكسيد الكالسيوم أعلى نسبة امتصاص للرطوبة يليها الملح الصخري ويأتي جل السليكا في النهاية لتغليف أخشاب الكونتر تغليف فعال أكثر فاعلية.

التوصيات: Recommendation

يوصى الباحثين بالأولوية باستخدام:

1- أملاح هيدروكسيد الكالسيوم في التغليف الفعال كماصات للرطوبة من محتوى عبوات تغليف الأثاث الخشبي المصنوع من أخشاب (الكونتر – أبيض سويد).

2- جل السليكا كماص للرطوبة في تغليف الأثاث الخشبي المصنوع من (الفايبر).

المراجع: References

1- Anokye-Bempah, Laudia, et al. "The use of desiccants for proper moisture preservation in green coffee during storage and transportation." Journal of Agriculture and Food Research 11 (2023): 100478.

2- Amina Emam "The effect of applying the green marketing concept on the furniture industry in Egypt (Applied study on IKEA)." Journal of Design Sciences and Applied Arts 3.2 (2022): 400-424.

3- Anon (2018) Packaging testing & guidelines. International Safe Transit Association (ISTA), East Lansing, Michigan, USA

4- Canal, W. D., Carvalho, A. M. M., Figueiró, C. G., Carneiro, A. D. C. O., Fialho, L. D. F., & Donato, D. B. (2020). Impact of wood moisture in charcoal production and quality. Floresta e Ambiente, 27, e20170999.

5- Csanady E, Kovacs Z, Magoss E et al (2019) Optimum design and manufacture of wood products. Springer International Publication, Cham, Switzerland

6- Day, Brian PF, and L. Potter. "Active packaging." Food and Beverage Packaging Technology (2011): 251-262.

7- Fleming, E. D. (2010). Ritsy: Flat-Pack Furniture for the Urban Nomad. Interior Design Program: Theses, 1

8- Glass, S., & Zelinka, S. (2021). Moisture relations and physical properties of wood. Chapter 4 in FPL-GTR-282, 4-1.

9- HTEx / TEEx,-Packaging Specification your partner in sensor technology, 2022 (2)

10- Hughes P (1996) Exporting furniture: getting the packaging right. Int Trade Forum 1:1-8

11- Justin ,Williams , 6 Materials That Absorb Moisture Effectively , The dehumidifier experts, 2023

12- Kim, J. (2019). Assembly furniture (Doctoral dissertation, University of Iowa

13- Meherishi L, Narayana SA, Ranjani KS (2019) Sustainable packaging for supply-chain management in the circular economy—a review. J Clean Prod 237: 117582

14- Qiu, Fenghe, and Garry Scrivens, eds. Accelerated predictive stability (APS): fundamentals and pharmaceutical industry

Citation: Amina Emam, Sara Ramadan (2024), The feasibility of using effective packaging to protect wooden furniture from moisture effects "An applied study on samples of wood", International Design Journal, Vol. 14 No. 3, (May 2024) pp 303-320

practices. Academic Press, 2018.
15- Raheem AR, Vishu P, Ahmed AM (2014) Impact of product packaging on consumer's buying behaviour. Eur J Sci Res 122(2):125-134
16- Ratnasingam, J. (2022). Furniture Manufacturing: A Production Engineering Approach. Springer Nature
17- Ratnasingam J (2019) Furniture packaging—a review. Tech. Note, no 4. IFRG Publication, Singapore
18- Sato, Masato, and Tsuyoshi Hattanji. "A laboratory experiment on salt weathering by humidity change: salt damage induced by deliquescence and hydration." Progress in Earth and Planetary Science 5.1 (2018): 1-10
19- Song, Tingyu, et al. "Recent advances in bio-based smart active packaging materials." Foods 11.15 (2022): 2228
20- Soroka W (2009) Fundamentals of packaging technology, 4th edn. Institute of Packaging Professionals, Napperville, Illinois, USA
21- The University Of Melbourne "Temprature and Relative Humadity", Grimwade Centre for Cultural Materials Conservation, 2021
22- Thybring, E. E., & Fredriksson, M. (2021). Wood modification as a tool to understand moisture in wood. Forests, 12(3), 372
23- Yan, W., Zhao, D., & Mehta, A. (2023). Fabrication-aware design for furniture with planar pieces. Robotica, 41(1), 48-73
24- Zhu, Yiwei, and Qiang Wang. "Wood in office spaces: The impact of different wooden furniture on aesthetic evaluation." Frontiers in Psychology 13 (2023): 986627.
25- http://ar.absorbwell.in/desiccant/calcium-chloride-desiccant/desiccant-moisture-absorbent.html(23 December 2023)
26- https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Chloride#section=Structures, (12 January 2024)
27- https://absortech.com/moisture-magazine/silica-gel-desiccants-moisture-absorption-things-you-need-to-know /
28- https://www.disidry.it/en/blog/dessiccant-salts-dehydration-salts-are-they-really-named-this-way (2 January 2024)/
29- https://www.adda247.com/school/calcium-hydroxide-formula(20 December 2023)
30- https://www.chemicalslearning.com/2023/03/calcium-hydroxide-definition-formula.html (17 January 2024) - https://www.munters.com/en/knowledgebank/articles-library/spotlights/why-humidity-control-will-protect-both-your-packages-and-your-products (12 January 2024)/
31- https://www.hunterindustrialsupplies.com.au/blog/keep-your-goods-moisture-free/ (30 October 2023)
32- https://www.farnell.com/datasheets/1639253.pdf (22 January 2024)
33- design-milk.com)(
34- https://www.yankodesign.com/2021/12/16/meet-the-newest-diy-flatpack-stool-that-takes-only-4-steps-to-assemble-without-any-tools-or-hardware/
35- https://www.swedishwood.ae/wood-facts/choosing-wood/wood-and-moisture
36- https://www.bayut.sa/blog(https://www.bayut.sa/blog(
37- https://www.swedishwood.ae/woodfacts/Research_into_wood_and_moisture/forskningsresultat

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License