

الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة



تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من مخلفات تقليم الصفورا اليابانية *Sophora japonica L.*

ودراسة مواصفاتها الفيزيائية والميكانيكية

## Producing of Particleboard from prune *Sophora japonica L.* and Determination of its physical and mechanical Properties

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية باختصاص الحراج والبيئة

إعداد:

حيدر نور الدين حسن

الإشراف

الدكتور فتحي البغدادي

المشرف العلمي

قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة

كلية الزراعة - جامعة دمشق

الدكتورة سلافا سلمان

المشرف المشارك

قسم الحراج والبيئة

كلية الزراعة - جامعة تشرين

2021 م

## القبول

عنوان الرسالة: " تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من مخلفات الصفورا اليابانية *Sophora japonica* L.

ودراسة مواصفاتها الفيزيائية والميكانيكية "

الدرجة العلمية: ماجستير في الهندسة الزراعية / موارد طبيعية متجددة والبيئة (تقانات الأخشاب)

اسم المرشح: حيدر نور الدين حسن

نُوقِشت هذه الرسالة في الجلسة العلنية في تمام الساعة الحادية عشرة صباحاً من يوم الثلاثاء الواقع في

11-1-2022 أمام لجنة الحكم المؤلفة من السادة الأساتذة:

الدكتور فتحي بغدادي ..... عضواً مشرفاً

الدكتورة ميساء حسن كعكة ..... عضواً

الدكتور ثروات إبراهيم ..... عضواً

## تصريح

أصرح بأن العمل المُقدم في هذه الرسالة تحت عنوان:

" تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من مخلفات الصفورا اليابانية *Sophora japonica* L. ودراسة  
مواصفاتها الفيزيائية والميكانيكية"

لم يسبق أن قُبل للحصول على شهادة، ولا هو مُقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المُرشَّح

حيدر نور الدين حسن

## DECLARATION

I hereby declared that, this work:

**Producing of Particleboard from prune *Sophora japonica* L. and  
Determination of its physical and mechanical Properties**

has not been used previously or submitted now for any other degree.

**Candidate**

**Haidar Noor Al Deen Hasan**

## شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة:

" تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من مخلفات الصفورا اليابانية *Sophora japonica* L. ودراسة

مواصفاتها الفيزيائية والميكانيكية "

هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح حيدر نور الدين حسن بإشراف الدكتور فتحى بغدادى الأستاذ المساعد في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة- كلية الزراعة / جامعة دمشق، والدكتورة سلافا سلمان في قسم الحراج والبيئة- كلية الزراعة / جامعة تشرين، وأن أي مرجع ورد في هذه العمل موثق في نص هذه الرسالة.

المشرف المشارك

المشرف الرئيسي

المرشح

د. سلافا سلمان

د. فتحى بغدادى

حيدر حسن

.....

.....

.....

We witness that the described work in this thesis:

### **Producing of Particleboard from prune *Sophora japonica* L. and Determination of its physical and mechanical Properties**

Is the result of scientific research conducted by the candidate Haidar Noor Al Deen Hasan, under supervision of Dr Fathi Bagdade at the department of Natural Resources and the Environment, Faculty of Agriculture – Damascus University, and Assistant . Dr. solafa slman Lawand at the department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture – Tishreen University. Any other references have been mentioned in this work are documented in the text of the thesis.

**Candidate  
Haidar Hasan**

**Principal supervisor  
Dr Fathi Bagdade**

**Co-supervisor  
solafa slman**

.....

.....

.....

| رقم الصفحة | فهرس المحتويات Table of contents                                          |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1          | الملخص                                                                    |
|            | الجزء التمهيدي                                                            |
| 3          | المقدمة Introduction                                                      |
| 5          | الإشكالية البحثية Research Problem                                        |
| 5          | تساؤلات البحث Research Questions                                          |
| 6          | فرضيات البحث Research hypotheses                                          |
| 7          | أهداف البحث Research Objectives                                           |
| 7          | أهمية البحث Research Importance                                           |
| 7          | مبررات البحث Research Justification                                       |
|            | الفصل الأول: الدراسة المرجعية Litratue review                             |
| 9          | 1. الدراسة المرجعية                                                       |
| 9          | 1.1. الدراسات السابقة                                                     |
| 13         | 2.1. الصفات النباتية والبيئية للصفورا اليابانية <i>Sophora japonica</i> L |
| 15         | 3.1. الخشب الحبيبي Particleboard والعوامل المؤثرة بعملية التصنيع          |
| 17         | 4.1. طريقة تصنيع ألواح الخشب الحبيبي Particleboard Manufacturing Process  |

|                                                                       |                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19                                                                    | 5.1. تأثير الأنواع في خصائص الألواح المصنعة                                                                         |
| <b>الفصل الثاني: مواد وطرائق البحث Materials and research methods</b> |                                                                                                                     |
| 20                                                                    | 2. مواد البحث وطرائقه                                                                                               |
| 21                                                                    | 1.2. مواد البحث                                                                                                     |
| 24                                                                    | 2.2. طرائق البحث                                                                                                    |
| 39                                                                    | 3.2. دراسة المواصفات الفيزيائية والميكانيكية                                                                        |
| 39                                                                    | 1.3.2. تقدير المحتوى الرطوبي Moisture content حسب المعيار الأوروبي (EN322)                                          |
| 41                                                                    | 2.3.2. تقدير الكثافة Density حسب المعيار الأوروبي (EN323)                                                           |
| 42                                                                    | 3.3.2. تقدير امتصاص المادة الخشبية المصنعة للماء Water absorption حسب المعيار الأوروبي (EN 52351)                   |
| 43                                                                    | 4.3.2. طريقة تقدير الانتباج العرضي في سماكة اللوح الخشبي المصنع Cross-swilling حسب المعيار الأوروبي (EN317)         |
| 46                                                                    | دراسة المواصفات الميكانيكية للألواح المصنعة                                                                         |
| 46                                                                    | 5.3.2. اختبار المقاومة للانحناء الساكن Binding - Static حسب المعيار الصناعي الأوروبي (EN310) للمادة الخشبية المصنعة |
| <b>الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها</b>                                |                                                                                                                     |
| 49                                                                    | <b>3. النتائج والمناقشة Results and Discussion</b>                                                                  |
| 49                                                                    | 1.3. نتائج مؤشر المحتوى الرطوبي                                                                                     |

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| 52 | 2.3. نتائج مؤشر الكثافة                                 |
| 54 | 3.3. نتائج مؤشر امتصاص المادة الخشبية (2سا)             |
| 57 | 4.3. نتائج مؤشر امتصاص المادة الخشبية (24سا)            |
| 60 | 5.3. نتائج مؤشر الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا)  |
| 63 | 6.3. نتائج مؤشر الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا) |
| 66 | 7.3. نتائج مؤشر مقاومة الانحناء الساكن                  |
| 74 | 8.3. حساب العائدية الاقتصادية لعملية التصنيع            |
| 77 | الخاتمة                                                 |
| 77 | الاستنتاجات                                             |
| 79 | التوصيات والمقترحات Recommendations and suggestions     |
| 81 | ملحق الصور                                              |
| 85 | المراجع References                                      |
| 90 | Abstract                                                |

| رقم الصفحة | قائمة الجداول List of Tables                                                                                      |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21         | الجدول رقم 1. المواد المستخدمة في تنفيذ البحث.                                                                    |
| 28         | الجدول رقم 2. توصيف أبعاد الحبيبات الخشبية.                                                                       |
| 51         | الجدول رقم 3. قيم المحتوى الرطوبي لنماذج الألواح الخشبية المصنعة                                                  |
| 53         | الجدول رقم 4. قيم الكثافة لنماذج الألواح الخشبية المصنعة                                                          |
| 56         | الجدول رقم 5. قيم امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) لنماذج الألواح المصنعة                                        |
| 59         | الجدول رقم 6. قيم امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) لنماذج الألواح المصنعة                                       |
| 62         | الجدول رقم 7. قيم الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) للنماذج المصنعة                                          |
| 65         | الجدول رقم 8. قيم الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا) للنماذج المصنعة                                         |
| 68         | الجدول رقم 9. قيم مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة                                                   |
| 73         | الجدول رقم 10. المحتوى الرطوبي Moisture content لنواتج تقليم أشجار الصفورا اليابانية<br><i>Sophora japonica L</i> |
| 75         | الجدول رقم 11. تكاليف عملية التصنيع بشكل تقديري.                                                                  |
| 80         | الجدول رقم 12. مختصرات_ مصطلحات                                                                                   |

| رقم الصفحة | قائمة الأشكال List of Figures                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 24         | الشكل رقم 1. بعض الأشجار التي قُلِّمت                                                 |
| 24         | الشكل رقم 2. تجريد نواتج التقليم من الأغصان الجانبية                                  |
| 25         | الشكل رقم 3. وضع نواتج التقليم في مكان ظليل ومهوى                                     |
| 26         | الشكل رقم 4. فرم الكتل الخشبية بواسطة الرابوب.                                        |
| 26         | الشكل رقم 5. مناخل بفتحات ذات قطر 1,0.5 سم لتخيل الحبيبات الخشبية.                    |
| 27         | الشكل رقم 6. عينات من العُبار الخشبي الناتج عن فرز الحبيبات الخشبية.                  |
| 27         | الشكل رقم 7. تجفيف الحبيبات الخشبية هوائياً تمهيداً لعملية التصنيع.                   |
| 28         | الشكل رقم 8. أبعاد الحبيبات الخشبية المستخدمة في التصنيع                              |
| 30         | الشكل رقم 9. وضع الحبيبات الخشبية في المجفف الحراري للوصول لרטوبة نحو 5%.             |
| 30         | الشكل رقم 10. قياس رطوبة الحبيبات الخشبية بجهاز Sartorius AG بعد التجفيف              |
| 31         | الشكل رقم 11. وزن الكميات المطلوبة من المواد الكيميائية والحبيبات الخشبية.            |
| 31         | الشكل رقم 12. تحضير اليوريا فورم ألدهيد وسلفات الأمونيوم بواسطة الخلاط الميكانيكي     |
| 32         | الشكل رقم 13. البخ الرذاذي لسلفات الأمونيوم واليوريا فورم ألدهيد على الحبيبات الخشبية |
| 33         | الشكل رقم 14. قياس رطوبة الحبيبات المغرة بأسلوب العينات التجميعية                     |
| 33         | الشكل رقم 15. تعديل رطوبة الحبيبات الخشبية المغرة بتعريضها لأشعة الشمس                |
| 33         | الشكل رقم 16. التأكد من عدم تجاوز الرطوبة لـ 11% تقادياً لانفجار اللوح                |

|    |                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 34 | الشكل رقم 17. تشكيل أولي للحبيبات المغرأة ورفع إطار التحديد الخشبي.                  |
| 35 | الشكل رقم 18. فرشاة الحبيبات الخشبية الناتجة عن الكبس الأولي                         |
| 35 | الشكل رقم 19. معايرة الحرارة والضغط والمؤقت الزمني في المكبس الهيدروليكي الحراري     |
| 36 | الشكل رقم 20. معاملة فرشاة الحبيبات الخشبية بصفائح المكبس الهيدروليكي تحت ضغط 50 بار |
| 36 | الشكل رقم 21. استخدام القفازات العازلة لإخراج اللوح من المكبس وتبريده.               |
| 37 | الشكل رقم 22. إزالة 5 سم من حواف اللوح لاستبعاد رداءة التأثير الحافي للكبس           |
| 38 | الشكل رقم 23. نماذج الألواح المصنعة من الحبيبات الكبيرة والصغيرة                     |
| 38 | الشكل رقم 24. وضع العينات في ظروف مُرمزة                                             |
| 41 | الشكل رقم 25. إخضاع العينات لاختبار المحتوى الرطوبي.                                 |
| 42 | الشكل رقم 26. وزن العينات الخاصة باختبار الكثافة وقياس أبعادها.                      |
| 44 | الشكل رقم 27. اجراء اختبائي الانتباج والامتصاص وفق المؤشرات المطلوبة.                |
| 45 | الشكل رقم 28. وزن عينات اختبار الامتصاص قبل عملية النقع وبعدها.                      |
| 45 | الشكل رقم 29. قياس سماكة عينات اختبار الانتباج قبل عملية النقع وبعدها                |
| 46 | الشكل رقم 30. ظهور اللون الأصفر العائد لمادة الروتين الفينولية في أحواض النقع        |
| 47 | الشكل رقم 31. تطبيق الاختبار بعد تحديد البُعد بين ركيزتي الجهاز.                     |
| 72 | الشكل رقم 32. إخضاع نواتج التقليم لاختبار المحتوى الرطوبة Moisture conten .          |
| 81 | الشكل رقم 33. التقليم باستخدام المنشار الكهربائي وترتيب الأفرع بشكل متصالب           |

|    |                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| 81 | الشكل رقم 34. تحديد أبعاد الأفرع وقياس رطوبة الحبيبات بعد الفرغ         |
| 82 | الشكل رقم 35. تتخيل الحبيبات الخشبية وفرزها لحجمين                      |
| 82 | الشكل رقم 36. إعداد العينات الخاصة بالاختبارات الفيزيائية والميكانيكية. |
| 83 | الشكل رقم 37. التوزيع المتجانس للحبيبات الخشبية ضمن القالب الخشبي       |
| 83 | الشكل رقم 38. تجفيف العينات الخشبية بعد المعاملة المائية في الأحواض     |
| 84 | الشكل رقم 39. تحديد البعد بين الركيزتين في اختبار الانحناء الساكن       |
| 84 | الشكل رقم 40. ترميز العينات الخاصة باختباري الامتصاص والانتباج          |

| رقم الصفحة | قائمة الأشكال البيانية                                                                                                                                                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29         | الشكل البياني رقم 1. نماذج الألواح المصنعة (عدد النماذج 8، عدد الألواح 24)                                                                                                                                        |
| 69         | الشكل البياني رقم 2. قيم مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة حسب تأثير الحبيبات (كبيرة ، صغيرة)، والمادة اللاصقة (UF يوريا فورم ألدهيد)، والمادة المقسية $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (سلفات الأمونيوم) |
| 71         | الشكل البياني رقم 3. تفوق الصفات التكنولوجية لألواح الصفورا اليابانية على الأنواع الأخرى.                                                                                                                         |
| 72         | الشكل البياني رقم 4. المراحل الأساسية لدراسة الجدوى الاقتصادية للتصنيع                                                                                                                                            |
| 76         | الشكل البياني رقم 5. العائدية التصنيعية للصفورا اليابانية مقارنة بأنواع أخرى                                                                                                                                      |

## الملخص

هدف هذا البحث إلى تصنيع ثمانية نماذج من الألواح الخشبية المضغوطة من مخلفات تقليم الصفورا اليابانية . *Sophora japonica* L التي اختلفت فيما بينها في حجم الحبيبات الخشبية (كبيرة ، صغيرة)، ونسبة المادة اللاصقة (8%، 10% يوريا فورم ألدهيد) ، ونسبة المادة المقسية (1%، 2% سلفات الأمونيوم) ، إذ قورنت نتائج الاختبارات (الفيزيائية والميكانيكية) بالمعيار الأوروبي القياسي EN لكل اختبار، ثم دُرست المواصفات التكنولوجية (الفيزيائية والميكانيكية) لهذه النماذج .

أظهرت النتائج الآتي:

- كانت جميع نتائج الاختبارات الفيزيائية (اختبار المحتوى الرطوبي، اختبار الكثافة، اختبار امتصاص المادة الخشبية للماء خلال 24س، واختبار الانتباج العرضي في سماكة الألواح خلال 24س، 24س) والميكانيكية (اختبار مقاومة الانحناء الساكن) ضمن مجال المعايير القياسية الأوروبية للقيم المقبولة (EN) .
- تفوقت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقسي) في خاصية امتصاص المادة الخشبية للماء خلال 24س، وخاصية امتصاص المادة الخشبية للماء خلال 24س، وخاصية الانتباج العرضي في سماكة الألواح 24س، وخاصية الانتباج العرضي في سماكة الألواح 24س، وخاصية مقاومة الانحناء الساكن على المجال القياسي الأوروبي بقيم مقدارها 24.1%، 41.13%، 8.91%، 8.68%، 5.25% على التوالي.
- تناسبت خاصية الانتباج العرضي خلال (24س، 2)، وخاصية امتصاص المادة الخشبية للماء خلال (24س، 2) عكساً مع زيادة حجم الحبيبات الخشبية، وكمية المواد الكيميائية المضافة (يوريا فورم ألدهيد، سلفات الأمونيوم).
- تناسبت خاصية المحتوى الرطوبي، وخاصية الكثافة، وخاصية مقاومة الانحناء الساكن طردياً مع زيادة حجم الحبيبات الخشبية وكمية المواد الكيميائية المضافة (يوريا فورم ألدهيد، سلفات الأمونيوم).

- الكلمات المفتاحية:

الصفورا اليابانية، مخلفات التقليم، ألواح خشب مضغوط، المادة اللاصقة، المادة المقسية، المواصفات الفيزيائية والميكانيكية.

## الجزء التمهيدي

## المقدمة: Introduction

تعاني الدول الفقيرة بالغابات من نقص في المادة الخشبية المستخدمة في مجالات عديدة، ويمكن سد جزء من الفجوة الكبيرة بين إنتاج الأخشاب واستهلاكها باستخدام نواتج تقليم الأشجار المتوفرة، استخداماً دورياً وريخياً لصناعة ألواح الخشب الحبيبي، وألواح الخشب الليفي متوسط الكثافة (MDF)، وتشجع برامج حماية الحراج في المدن على جمع اللحاء وبقايا تقليم وخف الأشجار والشجيرات لاستثمارها بدلاً من حرقها (Singh et al, 2001). وصل العجز في تأمين المادة الخشبية على مستوى العالم عام 2017 إلى 1.59 مليون م<sup>3</sup>، وهذا استدعى الاستفادة من نواتج تقليم الأشجار في التصنيع الخشبي، ولاسيما الأنواع سريعة النمو (FAO, 2017)، إذ يختلف استهلاك الدول للخشب وفقاً لعوامل عديدة؛ منها مساحات الغابات، ومتوسط دخل الفرد، ويُقدّر أن الطلب العالمي على الخشب سيزداد بنسبة 25% بين عامي 2000 و 2010 م، ولن يغطي الاحتياطي الخشبي للغابات الطبيعية هذه الزيادة، فنسبة 35% من الأخشاب الصناعية تأتي من المزارع الشجرية الكبيرة التي تشكل 5% من مساحة الغطاء الحراجي، فالأنواع الشجرية المكونة لغابات غربي آسيا عامةً ولغابات سورية خاصةً بطيئة النمو وذات نوعية متدنية، وقيمة اقتصادية منخفضة (نحال، 1985؛ FAO، 1997). يبلغ إنتاج قارة آسيا من الخشب الصناعي المستدير نحو 407 مليون م<sup>3</sup>، ويشكل إنتاج سورية 0.98% من إنتاج قارة آسيا (FAO, 2017)، ويحتل الخشب في سورية موقعاً مهماً في معيشة السكان بالرغم من توفر المواد المصنعة البديلة ومصادر الطاقة الرخيصة نسبياً، لكن أغلب الأخشاب المستخدمة في الصناعات الخشبية الحديثة لا زالت مستوردة؛ لكون غاباتنا الطبيعية بوضعها الحالي لا يمكنها تلبية الاحتياج المحلي، إذ لم تستطع زراعة أشجار الحور في المشاجر الحراجية التقليدية أو التابعة لمؤسسات الدولة تلبية المواصفات المثالية للصناعات الحديثة ذات المردود الاقتصادي المرتفع، لكون أخشابها طرية ومواصفات الجذوع غير مناسبة وهنا تأتي أهمية التركيز على الأنواع المدخلة سريعة النمو ذات الوزن النوعي العالي المناسب للاستثمار الصناعي (كعكه، 2003). تقتصر صناعة الأخشاب في سورية على مصنعين للقطاع العام، الأول في اللاذقية،

ويعتمد اعتماداً رئيساً على جذوع الأشجار المدارية والاستوائية المستوردة في صناعة الخشب المعاكس، وعلى الصنوبر البروتي جزئياً في صناعة ألواح الخشب الحبيبي، والثاني في دمشق لإنتاج الخشب الحبيبي وأقلام الرصاص والكبريت، ويعتمد اعتماداً رئيساً على جذوع الحور المستوردة والمحلية. ولا تتجاوز الطاقة الإنتاجية لهذه المصانع 20م<sup>3</sup> يومياً، إذ بلغ الإنتاج السنوي للخشب المضغوط في سورية عام 2010 نحو 9000 م<sup>3</sup>، مما يستدعي الاعتماد على أنواع شجرية مدخلة قادرة على سد حاجة السوق المحلية، واستورد القطر في العام نفسه نحو 14000 م<sup>3</sup> (FAO، 2010)، بينما استورد القطر عام 2017 نحو 2000 م<sup>3</sup> (FAO، 2017)، وقد بلغت مساحة التحريج الاصطناعي في سورية عام 2018 ما يقارب 2028 هكتاراً وبلغ عدد الغراس الحراجية 1813 غرسة/هكتار ووصل إنتاج الفحم الخشبي لـ 22 طن/سنة، بينما وصلت كميات حطب الوقيد والحطب الصناعي إلى 505 طن/سنة، 2259 طناً على التوالي، إذ أدخلت شجرة الصفورا اليابانية إلى سورية كشجرة شوارع مقاومة للتلوث وللحوامل الجوية القاسية كالجفاف والحرارة العالية والصقيع، فضلاً عن تكيفها مع أنواع التربة المختلفة، وسرعة نموها ومتانة أخشابها، إذ تُقلم هذه الشجرة بشكل شبه سنوي وتستخدم نواتج التقليم كحطب وقيد (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2018).

يُقدر عدد الأشجار في محافظة دمشق بـ 1.8 مليون شجرة موزعة في عدة مواقع وفق ما يلي: 756 حرساً وحديقة مغلقة، 177 ساحة وعقدة موصلات ومنصفاً، وتقدر نسبة الصفورا اليابانية *Sophora japonica* L في هذه المواقع بـ 0.5 % أي ما يقارب 9000 شجرة، بينما يوجد في العاصمة دمشق 177 حديقة مفتوحة، تشغل مساحة 1.396 مليون م<sup>2</sup>، وتحتوي على 50000 شجرة تقريباً، وتصل نسبة الصفورا اليابانية منها لـ 10 %، أي ما يعادل 5000 شجرة، ويُقدر عدد الأشجار في محافظة ريف دمشق بـ 3 مليون شجرة، تشغل مساحة 58365 هكتاراً تتوزع على 10 مواقع حراجية، وتقدر نسبة الصفورا اليابانية في هذه المواقع بـ 0.5 % أي ما يعادل 15000 شجرة، وبالتالي يبلغ عدد أشجار الصفورا اليابانية في محافظتي دمشق وريف دمشق نحو 29000 شجرة تقريباً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2018)، ونظراً لقلّة البحوث الموجهة لدراسة الصفات التكنولوجية لأخشاب الأنواع المحلية والمدخلة في سورية، ولكون متابعة البحث في مجال تكنولوجيا الأخشاب يُعد مشروعاً علمياً رائداً يهدف للاستثمار الأمثل للموارد

الخشبية المتاحة لتحقيق الاكتفاء الذاتي، وتحجيم عملية استيراد الألواح بالقطع الأجنبي، ستُدْرَس إمكانية تصنيع خشب مضغوط من نواتج تقليم شجرة الصفورا اليابانية (سريعة النمو)، ودراسة خصائصه الفيزيائية والميكانيكية لزيادة القيمة الاقتصادية لهذا النوع المُدخل، وتوسيع مجال استعمالاته (الصناعية، المنزلية، الزراعية) .

## الإشكالية البحثية Research Problem

ينتج عن عمليات التقليم السنوي في سورية كميات كبيرة جداً من مخلفات التقليم الشجري والشجيري، والتي تُعد مشكلة بيئية وصحية لما لها من آثار سلبية في البيئة الزراعية، فهي تُعد مسكناً وموئلاً للحشرات والآفات إضافة لتأثيرها في النظام البيئي عند استخدامها كحطب وقيد مما يزيد من كميات غاز ثنائي أكسيد الكربون المنبعثة في الجو والمسببة للاحتباس الحراري، وبناءً عليه يركز هذا البحث على تحجيم هذه المشكلة البيئية بتحويل نواتج التقليم لألواح خشبية مضغوطة Particleboard مطابقة للمواصفات الأوروبية، مما يلبي حاجة المجتمع المحلي لألواح خشبية تُستخدم في الإنشاءات الداخلية والخارجية، ويقلل من استيراد هذه الألواح.

## تساؤلات البحث Research Questions

- هل يؤثر زيادة حجم الحبيبات الخشبية المستخدمة في التصنيع بشكل سلبي أم إيجابي على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألواح المصنعة ؟
- هل يؤثر زيادة نسبة سلفات الأمونيوم المستخدمة في التصنيع سلباً أم ايجاباً على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألواح المصنعة ؟
- ما تأثير زيادة نسبة اليوريا فورم ألدهيد في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألواح المصنعة ؟
- هل يحقق غنى خشب الصفورا اليابانية بالمواد الفينولية زيادةً في مقاومة الألواح الخشبية Particleboard لامتصاص المائي والانتباج العرضي ؟

- هل يحقق غنى النوع الخشبي بمادة الروتين ذهبية اللون العنصر الجمالي للألواح المصنعة، ويزيد من قيمتها الاقتصادية ؟
- هل تتوافق نتائج اختبارات الألواح الخشبية المصنعة Particleboard مع المعيار الصناعي الأوروبي، أم تتعارض معه ؟

### فرضيات البحث Research hypotheses

- يوجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة 0.05 لتأثير كلٍ من حجم الحبيبات الخشبية المستخدمة، ونسبة اليوريا فورم ألدهيد، ونسبة سلفات الأمونيوم في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لألواح الخشب الحبيبي Particleboard أو عدم وجود تلك الفروق .
- لا يوجد علاقة ارتباطية بين غنى النوع الخشبي بمادة الروتين، وزيادة قدرة ألواح Particleboard على مقاومة الامتصاص المائي والانتباج العرضي وإعطاء الألواح قيمة جمالية واقتصادية مُضافة.
- يوجد علاقة ارتباطية بين غنى النوع الخشبي بمادة الروتين وزيادة قدرة ألواح Particleboard على مقاومة الامتصاص المائي، والانتباج العرضي وإعطاء الألواح قيمة جمالية واقتصادية مُضافة أو لا توجد تلك العلاقة الارتباطية.
- لا تتوافق نتائج اختبارات الألواح الخشبية المصنعة Particleboard مع المعيار الصناعي الأوروبي EN.
- تتوافق نتائج اختبارات الألواح الخشبية المصنعة Particleboard مع المعيار الصناعي الأوروبي EN أو لا تتوافق تلك النتائج مع المعيار EN .

## **أهمية البحث: Research Importance**

تتبع أهمية البحث من الإسهام في:

- (1) تلبية حاجة الاقتصاد الوطني الماسة للألواح الخشبية المضغوطة Particleboard المطابقة للمواصفات الأوروبية، إضافةً لتشغيل اليد العاملة.
- (2) الحد من التلوث الهوائي باستثمار نواتج التقليل صناعياً بدلاً من حرقها كحطب وقيد.
- (3) تحقيق مكافحة فعالية لانتشار الآفات الحشرية والأمراض وذلك بجمع مخلفات التقليل وتحويلها لألواح خشبية.
- (4) إمكانية التخفيف النسبي من استيراد الألواح الخشبية المضغوطة Particleboard، وبالتالي الحد من فقد القطع الأجنبي.

## **مبررات البحث: Research Justification :**

- 1- قلة البحوث والدراسات في سورية حول صناعة الخشب الحبيبي، وعدم التطرق لدراسة إمكانية تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من مخلفات تقليل الصفورا اليابانية.
- 2- استخدام هذا النوع في التشجير الحراجي للحدائق وأطراف الطرقات وتكيفه مع طيف واسع من البيئات .
- 3- سرعة نمو الصفورا اليابانية.
- 4- قلة الموارد الخشبية في سورية تستدعي الاستفادة من نواتج تقليل الخشب بوصفها مادةً خاماً اقتصادية وصديقة للبيئة.

## **أهداف البحث: Research Objectives**

- تصنيع ألواح خشبية مضغوطة من نواتج تقليل الصفورا اليابانية، ودراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية من خلال دراسة :
- 1- تأثير نسبة كل من المادة المقسية والمادة اللاصقة المستخدمة في التصنيع في الخواص الفيزيائية والميكانيكية للألواح الخشبية المضغوطة.
  - 2- تأثير حجم حبيبات النشارة الخشبية (كبيرة، صغيرة) الناتجة عن فرم أفرع الصفورا اليابانية في الخواص الفيزيائية والميكانيكية للألواح الخشبية المضغوطة.

## الفصل الأول

### الدراسة المرجعية

## 1. الدراسة المرجعية : Litratue review

### 1.1. الدراسات السابقة

يوجد العديد من البحوث الخاصة بتكنولوجيا الأخشاب حول إنتاج الخشب الحبيبي من الأنواع الحراجية ذات الخشب القاسي، أو ذات الخشب الطري، إذ بحث Roffael (1982) تأثير حجم الحبيبات، ونسبة المادة الرابطة، وكثافة الألواح المصنعة في سلوك الامتصاص والانتباج العرضي بسماكة الألواح ، إذ أستخدمت ثلاث كثافات متباينة 0.5، 0.8، 1.05 غ/سم<sup>3</sup> ، وأدى استخدام كثافة 1.05 غ/سم<sup>3</sup> ونسبة عالية من المادة الرابطة (يوريا فورم ألدهيد) إلى خفض نسبة الرطوبة الممتصة بمقدار 1% مقارنة بأنماط الكثافة الأخرى، بينما لم يظهر تأثير لحجم الحبيبات المستخدمة في صفة الامتصاص المائي، ولكن الانتباج في سماكة الألواح بعد النقع المائي، 2 إلى 24 ساعة تناسب طردياً مع زيادة الكثافة (زيادة كثافة اللوح مع ثبات نسب المواد اللاصقة) ، بينما تناسب عكسياً مع زيادة نسبة المادة الرابطة. كما بحث Lelis and Roffael (1995) تفاعل المستخلصات المائية لخشب الدوغلاس الصميمي والمحيطي مع غاز الفورم ألدهيد، إذ أبدت مستخلصات حبيبات الخشب الصميمي مقاومة عالية لغاز فورم ألدهيد مقارنة بمستخلصات الخشب المحيطي، وذلك لغنى الخشب الصميمي بمادة البولوفينول، ولم تُظهر النتائج أي تأثير لاختلاف أعمار الأشجار المختبرة في التفاعل مع غاز الفورم ألدهيد. وبحث Deep and Ernst (1992) تأثير درجة حرارة المكبس وحجم الحبيبات الخشبية في ألواح الخشب الحبيبي المصنعة من الخشب الطري والقاسي، إذ ثبت أن الألواح المصنعة من الخشب الطري تعطي نتائج إيجابية بالنسبة إلى المتانة مع درجات حرارة المكبس المتباين وباستخدام أحجام النشارة المختلفة، بينما أعطت الألواح المصنعة من الخشب القاسي نتائج سلبية بالنسبة إلى المتانة (تهدم بنية المادة اللاصقة) عند كبس الألواح على حرارة أعلى من 190 درجة مئوية وباستخدام نشارة ناعمة. كما دُرست إمكانية صناعة ألواح خشب مضغوط من مخلفات عصر الزيتون وأحطاب القطن وخصائصها التكنولوجية، وتبين أن الألواح المصنعة ذات مواصفات فيزيائية وميكانيكية جيدة (مقاومة الانحناء الساكن 8.3 نيوتن/مم<sup>2</sup>، المحتوى

الرطوبي للخشب المضغوط 6%، الكثافة 7.3%، القدرة على امتصاص الماء 29.8% الانتباج العرضي 12.6% (حميد، 2005). كذلك درس Hegazy and Ibrahim (2010) إمكانية تصنيع ألواح خشب مضغوط بكثافة عالية (HD) 750 كغ/م<sup>3</sup> وكثافة منخفضة (LD) 650 كغ/م<sup>3</sup>، وسماكة 13 مم، ونسبة يوريا فورم ألدهيد 10% من الأشجار سريعة النمو (الأزدرخت ....) وسعف نخيل البلح، إذ أن الألواح المصنعة من سعف نخيل البلح عالية الكثافة (HD)، وحقت مقاومة عالية للانتباج العرضي في سماكة الألواح، وامتصاص المادة الخشبية للماء بعد النقع المائي لمدة 2 إلى 24 ساعة، وتميزت بثبات أبعادها مقارنة مع الألواح المصنعة من نشارة الأنواع سريعة النمو (*Melia azedarach, Acacia saligna*)، إذ خضعت ألواح الأنواع سريعة النمو لمعاملات إضافية لتحسين ثبات أبعادها مثل استخدام بوليمرات مشربة بأوراق الميلامين، وتمكنت الألواح المضغوطة منخفضة الكثافة (LD) للأنواع المختبرة كافة من تجاوز العتبة الدنيا لمعامل المرونة (MOE) باستثناء *Acacia saligna*، بينما تمكنت فقط ألواح نخيل البلح ذات الكثافة المنخفضة (LD) من تجاوز العتبة الدنيا للمعيار الإنكليزي الخاص بامتصاص المادة الخشبية للماء والانتباج العرضي. كما بحثت العبود (2012) إمكانية صناعة الخشب الحبيبي قليل الكثافة من الأوكاليتوس *Eucalyptu camaldulensis* Dehn ودرست مواصفاته الفيزيائية والميكانيكية، إذ تبين أن مواصفات الخشب الحبيبي المصنع مطابقة للمواصفات الأوروبية (EN)، إذ تفوقت النماذج (حبيبات كبيرة، 10% UF، حبيبات متوسطة، 10% UF، حبيبات متوسطة، 12% UF) وبذلك تُعد مناسبة لصناعة الموبيليا وتلبس الصالات، إضافة لذلك تزداد مقاومة الألواح للانحناء الساكن، وامتصاص الماء والانتباج العرضي بزيادة حجم النشارة من صغيرة إلى متوسطة فكبيرة، وزيادة نسبة الغراء الحار (8%، 10%، 12%). كذلك درس الدوه جي (2012) إمكانية تصنيع الخشب الليفي متوسط الكثافة من بعض مخلفات صناعة زيت القطن، وتحديد خصائصه الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية حيث تبين أن النماذج ذات نسبة الغراء 16%، 18% تتمتع بمواصفات فيزيائية وميكانيكية وكيميائية جيدة مطابقة للمواصفات الأوروبية، وهي مناسبة لتلبس الصالات والجدران، بينما كانت النماذج ذات نسبة الغراء 14% ذات مواصفات تكنولوجية سيئة ولا تطابق المعايير الأوروبية، وكانت النماذج الأفضل من الناحية

الصحية تلك الحاوية على مادة قابضة للفورم ألدهيد بنسبة 2%. كذلك بحث أبو سعيد (2013) إمكانية صناعة الخشب الحبيبي من خشب لسان الطير *Ailanthus glandulosa* Desf , ودراسة مواصفاته الفيزيائية والميكانيكية، إذ وجدت أن النماذج المكونة من حبيبات كبيرة (2,10)، وحبيبات صغيرة (2,12)، وحبيبات متوسطة (2,12) وحبيبات كبيرة، (2,14) تفوقت على باقي النماذج بمواصفاتها التكنولوجية الجيدة جداً، وتفوقت على المعيار القياسي الأوروبي (EN)، وأعطت شكلاً فسيقائياً جميلاً يناسب تلبس المدرجات والصالات، بينما حققت النماذج المكونة من حبيبات صغيرة (1,10)، وحبيبات صغيرة (2,10)، وحبيبات صغيرة (1,12)، وحبيبات متوسطة (1,10)، وحبيبات متوسطة (2,10)، وحبيبات متوسطة (1,12) خصائص تكنولوجية سيئة مما يجعلها تُستخدم كحشوات للأبواب، كذلك حازت النماذج حبيبات كبيرة (2,10)، وحبيبات كبيرة (1,12)، وحبيبات متوسطة (2,12)، وحبيبات متوسطة (1,14)، وحبيبات صغيرة (2,12)، وحبيبات صغيرة (2,14) على خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة مقارنة بالمعيار الأوروبي (EN)، مما يؤهلها لتُستخدم في صناعة الموبيليا. كما درس سعادات (2014) أثر توزع المستخلصات الخشبية في أشجار الأوكالبتوس في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للألواح الخشب الحبيبي المصنعة منها، ووجد أن العلاقة بين نسبة المستخلصات الثانوية ومقاومة الانحناء الساكن طردية، بينما تكون عكسية بين نسبة المستخلصات الثانوية من جهة والانتباج وامتصاص الماء وإصدار الفورم ألدهيد من جهة أخرى، كما تبين أن الخشب الصميمي يعطي ألواحاً ذات مواصفات فيزيائية وميكانيكية وكيميائية أفضل من الخشب العصاري؛ لاحتوائه نسبة عالية من المستخلصات الثانوية، ودرس Rahman وزملائه (2014) صناعة ألواح خشب plywood من الأزدرخت، ودرس خصائصها الميكانيكية والفيزيائية، وكانت أبعاد الألواح خماسية الطبقات المصنعة باستخدام اللاصق الحراري يوريا فورم ألدهيد 2400 مم×1200 مم×12 مم، وحققت الألواح كثافة تساوي 541 كغ/م<sup>3</sup>، ومقاومة قوة الشد الموازي للألياف تساوي 3950.15 نيوتن/م<sup>2</sup>، كما درس موصلي (2016) مقارنة الخواص الفيزيائية للخشب المضغوط المصنع من مخاريط الصنوبر، وبقايا تقليم أشجار الأزدرخت *Melia azedarach* L، إذ تبين أن المواصفات الفيزيائية للألواح المصنعة من مخاريط الصنوبر جيدة جداً لصناعة الموبيليا والعزل

الحراري (كثافة = 0.641 كغ/م<sup>3</sup>، محتوى رطوبي = 6.31%، امتصاص مائي 2-24 ساعة = 61.24%-91.3% على التوالي، انتباج عرضي 2-24 ساعة = 11.1%-15.13% على التوالي)، كانت الألواح المصنعة من نواتج تقليم الأزدرخت فتصلح للاستخدام للعزل الصوتي وحشوات الموبيليا. لأول مرة صنّعت ألواح خشب مضغوط ثلاثية الطبقات من نفايات الأخشاب النظيفة غير المعالجة كيميائياً باستخدام مادة لاصقة هجينة من اللاصق الطبيعي هي تانين فورم ألدهيد (TF) والمادة السامة ذات المنشأ البترولي Polymeric methyl de phenyl di isocyanate (25%TF:75%PMDI)، إذ حققت الألواح توافقاً مع متطلبات المعيار الأوروبي لعام 2010 (EN312) الخاص بألواح التلبيس الداخلي P2، وأبدت النماذج المصنعة وفق النسب 25%TF:75%PMDI ، 30%TF:70%PMDI ، 40%TF: 60%PMDI انخفاضاً كبيراً في إصدارات غاز الفورم ألدهيد بعد 24 ساعة مقارنة بالألواح المصنعة باستخدام اللاصق UF، فضلاً عن تفوق الألواح المبتكرة في خاصية الانحناء الساكن (حققت 42 نيوتن/مم<sup>2</sup>) مقارنة بالألواح اللاصق UF (16-20 نيوتن/مم<sup>2</sup>) ، أما خواص الانتباج العرضي وامتصاص الماء بعد 24 ساعة نقع في الماء فكانت النتائج جيدة و موافقة للمعيار الأوروبي، وكانت على التوالي 10.65%، 30.56%، وتوصل من هذه النماذج المصنعة باستخدام المادة اللاصقة الهجينة TF:PMDI إلى توفير 27.5 % من تكاليف الإنتاج مقارنة بالنماذج المصنعة باستخدام المادة غير المستدامة PMDI، (Hameed et al,2018) ، كما درس Utsumi وزملائه (2019) الخواص الميكانيكية والبيولوجية لألواح الخشب الحبيبي المصنعة من أشجار الأزدرخت *Melia azedarach* L، إذ صنّعت الألواح باستخدام مادة PMDI البترولية اللاصقة، وكانت الألواح ذات كثافة 0.745 كغ/م<sup>3</sup>، ومحتوى رطوبي 7.4%، ومقاومة انحناء 19 نيوتن/مم<sup>2</sup> ، ومقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح يساوي 2720.1 نيوتن/مم<sup>2</sup> ، كذلك أظهرت اختبارات مقاومة النمل الأبيض قدرة ألواح الخشب الحبيبي المصنعة من الخشب الصميمي لأشجار الأزدرخت على تحليل حضنات النمل الأبيض ، وتنفير الحشرات البالغة لاحتوائه على مادة *limonoids*، وكان فقد الكتلة الخشبية نتيجة التحلل الفطري منخفضاً بمقدار 50% مقارنة بالألواح المصنعة من الأنواع الأخرى. درس Ronnols وزملائه (2019) تصنيع ألواح خشب مضغوط ثلاثية

الطبقات من نفايات الخشب باستخدام لاصق الألبومين الحيواني المُحضر وفق وصفة جامعة Gottingen، وكانت الألواح ذات كثافة 640 كغ/م<sup>3</sup> والمحتوى الرطوبي 6.3%، ومقاومة الانحناء الساكن 10.4 نيوتن/مم<sup>2</sup>، ومعدل امتصاص مائي 89.3%، والانتباج العرضي 29%، وحقت الألواح إصداراً منخفضاً من الفورم ألدهيد بعد 3 ساعات (0.01 ppm)، وانعدم إصدار الغاز بعد 24 ساعة، وهذا ما جعل الألواح صديقة البيئة ومتوافقة مع حاجة السوق والمجتمع، ودُرست الخصائص الميكانيكية والفيزيائية ومحتوى الفورم ألدهيد ومقدار انبعائه لألواح الخشب الحبيبي المصنعة باستخدام بقايا زيت اللفت ورواسبه بدلاً من اليوريا فورم ألدهيد، وقد صُنعت الألواح نمط P2 (ثلاثية الطبقات) بكثافة 640 كغ/م<sup>3</sup>، وسماكة 19مم، إذ تميزت بصفات فيزيائية وميكانيكية موافقة للمعيار الأوروبي (EN 312 (2010)، إذ حازت الألواح على محتوى رطوبي بلغ 6.46% ومقاومة الانحناء الساكن 39 نيوتن/مم<sup>2</sup>، والامتصاص المائي 65.2%، والانتباج العرضي 19.8%، إضافة لخلوها من إصدارات الأيزوسيانات، وغاز فورم ألدهيد، مما يجعلها ألواح صديقة للبيئة (Bramryd et al, 2020).

## 2.1. الصفات النباتية والبيئية للصفورا اليابانية *Sophora japonica* L.:

تتنتمي الصفورا اليابانية (*Sophora japonica* L.) إلى فصيلة Fabaceae التي تقع ضمن :

- شعبة مغلفات البذور Angiosperms
- صف ثنائيات الفلقة Dicotyledons
- رتبة Fabales
- الجنس *Sophora*

يحيوي جنس الصفورا أكثر من 25 نوعاً تعيش في آسيا وأمريكا الجنوبية والشمالية ونيوزيلاندا، أُدخل النوع *Sophora japonica* L. إلى سورية بوصفه أشجاراً تزيينية لتزيين الحدائق وجوانب الطرقات، ويصل ارتفاع الشجرة حتى 20 متراً، قشرتها ناعمة خضراء غامقة ثم تصبح رمادية متشققة تشققات سطحية، التاج كثيف عريض، ولا سيما عند الأشجار التي تعيش منفردة، الفروع خضراء ذات شكل دائري، تعيش هذه الشجرة في الصين وكوريا واليابان وتستعمل في سورية شجرة تزيينية مقاومة للبرد تتحمل حرارة تصل لـ 15- درجة مئوية (في

بعض المراجع تصل لـ 25 درجة مئوية) ، وتحمل الملوثات الجوية في المدن، كما تتحمل الجفاف ودرجات الحرارة العالية، وهي سريعة النمو (الخوري وجيرودية، 1995) .

تتكيف الصفورا اليابانية مع أنواع التربة المختلفة، فهي تتحمل التربة الملوثة بمخلفات المصانع الكيميائية، وتزدهر في التربة السلتية والرملية جيدة الصرف، أخشابها متينة تستخدم في صناعة الأبواب وإطارات النوافذ والأدوات الزراعية. يتم داخل الأزهار عملية تحلل تلقائي لمادة الروتين إلى مركب الكريستين ذات الخواص المضادة للأكسدة وللتهابات ، تحتوي البراعم الزهرية والأوراق والأغصان على نسب عالية من البروتينات والكاروتينات وهذا يجعلها مادة علفية ممتازة ولكن بعد استخلاص الجليكوسيدات الضارة منها، بينما تحتوي البذور على زيت دهني غني بحمض اللينوليك (52.8%) ويمكن الحصول منها أيضاً على مادة صمغية شبيهة بصمغ الخرنوب، الأوراق غنية جداً بالدهون على أساس الوزن الجاف (16%) ، تحتوي الأزهار على مادة تانينية صابغة تستخدم في صبغ الملابس والحريز، توظف سمية القرون والبذور صيدلانياً في خفض ضغط الدم ومعالجة كافة أنواع النزف وهشاشة الشعيرات الدموية، كما يستخدم مطحون أوراقها في الصين لـغش الأفيون نظراً إلى محتواها الجليكوسيدي والكيميائي العالي، وتستخدم في مكافحة الآفات والحشرات الضارة مثل *Odonata dorsalis*، *Aphis spp*، فطريات *Uromyces truncicola* التي تسبب سرطان الشتلات. كما تتميز هذه الشجرة بخصوصيتها الطبية نظراً إلى احتوائها على مركبات فلافونويدية من فئة متعددة الفينول، ولاسيما فلافونويد الروتين الذي يعطي اللون الأصفر للخشب المحيطي (تظهر الصبغة الصفراء بوضوح في أحواض نقع العينات الخشبية)، ويحمي الروتين ( مادة فينولية معقدة التركيب تتركز في الخشب المحيطي لشجرة الصفورا اليابانية) الشجرة من التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية والطفيليات، كما له دور مهم في التصنيف الكيميائي النباتي نظراً إلى استخدامه مخضباً في البيولوجيا الجزيئية، كذلك تحوي مركبات شبيهة بمركب المورفين فضلاً عن نسب عالية من المستخلصات الخشبية الثانوية، وهذا يؤثر في فعالية عملية اللصق ومثانة الألواح المصنعة والمعايير التصنيعية من حرارة، ومدة كبس، ورطوبة بعد التجفيف، ونسبة المادة اللاصقة المستخدمة في التصنيع، ومدة التجفيف الأولي الهادم للمستخلصات (Orwa et al, 2009).

### 3.1. الخشب الحبيبي Particleboard والعوامل المؤثرة بعملية التصنيع:

تنتج ألواح الخشب الحبيبي المضغوط بالاعتماد على المخلفات الخشبية أو المخلفات الزراعية (بقايا المحاصيل، النباتات العشبية، الأغصان ونواتج التقليم)، إذ تُطحن المخلفات لتشكيل جزيئات (ناعمة أو خشنة)، ثم تخضع للتجفيف بشكل مدروس، وتخضع للضغط والحرارة بمكابس خاصة، وذلك بعد إضافة المواد اللاصقة بنسب مناسبة (طبيعية، صناعية، مركبة)، لتصبح ألواحاً ذات تكوين خشن أو ناعم أو ذات وجهين ناعمين بينما وسط اللوح يحوي حبيبات خشنة، ويمكن تلييسها بالألواح بلاستيكية رقيقة، إذ تُستعمل في تشكيل الأثاث المكتبي والمنزلي وأعمال العزل والتصميم الداخلي (صالح وناضرين، 2011).

طبّق مبدئ الكبس ضمن قوالب لمسحوق الفحم أو نشارة الخشب في عام 1960 م، إذ اعتُمدت أنماط كبس مختلفة للحبيبات الخشبية بعد مزجها بنسب مُحددة من النشاء أو الدقيق كمادة رابطة، واستُخدمت هذه القوالب الخشبية الخالية من الإضافات الكيميائية كوقود للتدفئة والطهي، وما تزال هذه الطريقة مطبقة في المجتمعات الريفية، في حين انعدم استخدامها في الدول الرائدة علمياً لما لها من أثر ضار، البيئة، وتم تطوير فكرة كبس المخلفات الخشبية وتحويلها لألواح خشبية مضغوطة متعددة الاستعمالات كمنهج صناعي من قبل هنري فورد في مصانعه الخاصة، وقد اعتُمد تصنيف الألواح في الولايات المتحدة الأمريكية تبعاً لكثافتها، وطريقة تصنيعها، ونمط المادة الرابطة المستخدمة، بينما حظرت تشريعات الدول الأوروبية دفن النواتج الخشبية ذات المحتوى الكربوني 5%، واستخدمت بريطانيا والسويد المخلفات الخشبية في توليد الطاقة الحيوية ضمن محطات خاصة، بينما استخدمت ألمانيا وإيطاليا والنمسا المخلفات الخشبية لصناعة الألواح وتوليد الطاقة للأنشطة الصناعية (صفي الدين، 2021).

ترتبط تقانة تصنيع الخشب الحبيبي Particleboard بحجم الحبيبات الخشبية وشكلها الهندسي والكثافة المعتمدة في عملية التصنيع، إضافة لتأثير نوع المادة الرابطة وتوزيع الحبيبات الخشبية ضمن مقطع اللوح الناتج، مما يجعل منحى تحسين كفاءة العمل المصنعي وصفات الألواح الناتجة في تزايد مستمر، فاللوح المُصنع تبعاً لتنوع العوامل السابقة يتمتع بصفات تكنولوجية خاصة به (Kohta et al., 2002)، بينما أكد Wong وزملائه (1999)

على ارتباط عملية تصنيع الألواح الخشبية المضغوطة بالكثافة اللوحية التي تُحدد مجالات استخدام اللوح، وتتناسب زيادة الكثافة بشكل مطرد مع مقاومة اللوح لقوى الشد والانحناء، ولكنها تؤثر سلباً على ثبات سماكة اللوح في كافة أجزائه وذلك بعد الكبس الحراري، نظراً لاختلاف متانة الطبقة السطحية — اللوح عن متانة حشوة اللوح، ويعود ذلك لتعرض الطبقة السطحية لحرارة وضغط أكبر، كذلك يجب أن يكون زمن الكبس وسرعة الضغط الهيدروليكي متوافقان مع نوع المادة اللاصقة، ورطوبة الحبيبات المغرة، وأنماط الحبيبات المستخدمة (متجانسة، غيرمتجانسة) للحصول على لوح متجانس السماكة (مقطع كثافة متجانس)، إذ تفضل الحبيبات الكبيرة في قلب اللوح والحبيبات الصغيرة في الطبقة السطحية للوح، وذلك لتحسين الصفات الميكانيكية للوح.

كما وجد Hameed (2000) أن رفع نسبة المادة اللاصقة المستخدمة في ربط الحبيبات الخشبية يزيد من كفاءة تغرية الحبيبات الخشبية وامتصاصها للاصق الحراري، وبالتالي ينتج لوح ذو سماكة موحدة في مقاطعه كافة (مقطع كثافة متجانس)، كذلك ترتبط كفاءة التغرية بجودة البخ الرذاذي للاصق وتوزعه بالتساوي على الحبيبات الخشبية ضمن خلط المواد، ولكن إضافة المواد اللاصقة بشكل مدروس (دون هدر) يحقق الصفات التكنولوجية المرغوبة، وذلك لتقادي التكلفة العالية للغراء الحراري، كذلك أشار النجار (1980) إلى أهمية سحب الرطوبة الزائدة من المادة الخشبية بآليات التجفيف المتعددة لتحقيق التوازن مع الرطوبة النسبية للجو، مما يُحسن الصفات الميكانيكية للألواح المصنعة، ويحافظ على لون الخشب، ويقلل من حدوث الانكماش في الحبيبات الخشبية، إضافة لحفظ الخشب من الإصابات الفطرية والحشرية، إذ تُعد طريقة التيار الهوائي الحار وطريقة التوصيل الكهربائي (عكس حركة الأيونات مما يزيد احتكاك الأيونات، والذرات في النسيج الخشبي) الأفضل فنياً واقتصادياً.

أكد John وزملائه (2003) على تأثير نوع المادة الرابطة المستخدمة على قيمة الألواح المصنعة ومجال استخدامها، حيث تعد اليوريا فورم ألدهيد شائعة الاستخدام نظراً لانخفاض تكلفتها ولحاجتها لمعاملة حرارية قصيرة المدة وبالتالي توفير تكاليف الطاقة، وتستخدم الألواح الخشبية المصنعة بواسطة اليوريا فورم الدهيد داخلياً، بينما تستخدم الألواح المصنعة بواسطة فينول فورم ألدهيد خارجياً نظراً لمقاومتها للرطوبة.

أفضت الأبحاث الموجهة لإدارة المخلفات الخشبية وفق مبدئ الاستدامة البيئية إلى إنتاج ألواح الخشب البلاستيكي الذي يعد ثورة في مجال التصنيع الخشبي، إذ تم خلط نشارة الخشب شديدة النعومة مع خليط خاص من اللدائن الحرارية البوليمارية (WPCs) بنسبة 30-70%، ثم إخضاع المزيج لعملية صهر وقولبة، وتميز المنتج بمقاومة الصدمات وخفة الوزن وسهولة التشكيل ومقاومة الماء والعوامل الجوية والعزل الحراري والكهربائي، إضافة لخص تكاليف الإنتاج وإمكانية إعادة تدوير المنتج بعد استخدامه (صفي الدين، 2021).

#### **4.1. طريقة تصنيع ألواح الخشب الحبيبي Manufacturing Process:**

لخص العالم John وزملائه (2003) خطوات العمل المصنعي لإيجاد ألواح خشبية مضغوطة بما يأتي:

##### **1.4.1. فرم الجنوع إلى حبيبات خشبية وتغريتها:**

تخضع المخلفات الخشبية بأشكالها كافة لمعاملات ميكانيكية بمعدات الطحن الخشبي (تفضل القطع الخشبية كبيرة الحجم للفرم للحصول على حبيبات متجانسة الأبعاد)، إذ تتحول هذه المخلفات الخشبية إلى حبيبات بأبعاد محددة، يجب أن تتمتع الحبيبات بتجانس النسبة بين طول الحبيبات وثخانتها كشرائح Flake لكي تعطي ألواحاً عالية الكفاءة. يتم معاملة الحبيبات الخشبية بغرايل آلية ثم تفرز لأحجام متفاوتة، وبذلك يتم التخلص من الغبار الخشبي الذي يؤثر سلباً في مواصفات اللوح الميكانيكية وأبعاده، ثم يتم تجفيف الحبيبات بمجففات حرارية خاصة حتى تصل رطوبتها إلى 5%، ثم تخضع الحبيبات لمعاملة رذاذية أو بخارية بالغراء الحراري (3-13% من وزن الحبيبات الجافة) والمواد المقاومة للماء كمستحلب شمع البارافين (1-2% من وزن الحبيبات الجافة) باستخدام مرشحات ضاغطة، إذ تحدث هذه المعاملة بالمواد الكيميائية ضمن خلطات مصنعية مزودة بلوحات لضبط سرعة الدوران، إذ ترفع عملية التغرية من رطوبة الحبيبات الخشبية المجففة لتصبح 10%.

وجد Ragil وزملائه (2005) أن الحقن البخاري للمواد الكيميائية ضمن خلاط المواد، يُعد طريقة فعالة جداً، إذ تحسن ثبات الأبعاد للحبيبات الخشبية وتُخفض انحناء أطراف الحبيبات بعد عملية التغرية، وتزيد كفاءة امتصاص

النسيج الخشبي للإضافات الكيميائية، مما يرفع سوية الربط الداخلي لمكونات اللوح، كما تبين أن عملية التغيرية تتأثر سلباً بارتفاع نسبة السكريات المرتبطة بالمادة الليغنوسيللوزية، مما يسبب ضعف الترابط مع المواد الرابطة.

#### 2.4.1. تشكيل فرشاة الحبيبات المغرة والكبس الحراري:

تتباين أنماط وأبعاد الحبيبات الخشبية المستخدمة في تصنيع ألواح الخشب الحبيبي، فمنها حبيبات Wood wool، Sawduts، Strand، Sliver، Wafer، Flake ، إذ يُعد النمط Flake متفوقاً في التصنيع لتحقيقه النسبة العالية (4 إلى 6.5%) بين طول وثخانة الحبيبات، يتم وضع فرشاة الحبيبات المغرة على سيور متحركة، إذ تُضبط كثافتها بمعدات متخصصة، وذلك للحصول على ألواح متجانسة الأبعاد والكثافة على كامل مساحة اللوح، بعد ذلك تضغط الحوائير المشكلة بالمكبس الهيدروليكي الأتوماتيكي خلال مدة زمنية متناسبة مع درجة الحرارة المستخدمة ورطوبة الحبيبات المغرة، وذلك منعاً لاحتراق اللوح أو انفجاره عند رفع المكبس، كذلك تتناسب مدة المعاملة الهيدروليكية ودرجة الحرارة مع نوع المادة الرابطة المستخدمة، إذ تُعامل الحبيبات المغرة بالمواد الرابطة الفينولية بدرجات حرارة عالية ولمدة زمنية أطول مقارنةً بالحبيبات المغرة بلاصق UF، وذلك لمنع تدهم بنية المادة الرابطة UF تحت تأثير الحرارة العالية ( < 180 درجة مئوية).

#### 3.4.1. تبريد الألواح وصقلها:

تخضع الألواح الخشبية المضغوطة بعد المعاملة الحرارية الهيدروليكية للتبريد الهوائي، ولا سيما عندما تكون المادة الرابطة يوريا فورم الدهيد، وذلك لزيادة متانتها في اللصق، بينما لا تخضع الألواح المغرة بوساطة المواد الفينولية للتبريد، لأن درجات الحرارة العالية لا تقلل من كفاءتها كمادة رابطة، بل تسبب الحرارة العالية زيادة فعالية الفينولات في اللصق، ثم تُصقل الألواح بغرض الحصول على سطح أملس يسهل عملية الطلاء ووضع طبقات ميلامين عازلة أو تجميلية، كذلك يُسهم تنعيم الألواح في تحسين قوام السطح وزيادة نفوره للماء بينما تُسبب المبالغة في الصقل رداءة في الصفات الميكانيكية للوح.

## 5.1. تأثير الأنواع في خصائص الألواح المصنعة :

أشار قنديل و أبو حسن (1993) إلى اختلاف قدرة المادة الخشبية في الأنواع الشجرية على امتصاص الماء واللواصق والفينولات تبعاً لتغير حجم المسامات الميكروسكوبية في النسيج الخشبي، كذلك يتأثر السلوك الميكانيكي للألواح الخشبية المصنعة تبعاً لنسبة الألياف في النوع النباتي، إذ تصل نسبة الألياف في المخروطيات لـ (93%) بينما تتباين في عريضات الأوراق من 25% إلى 75%، كما ذكر John وزملاءه (2003) أهمية الوزن النوعي وارتباطه بشكل وثيق بمدى كفاءة النوع للتصنيع الخشبي، إذ تُفضل الأنواع منخفضة الكثافة، وقد تستعمل الأنواع ذات الكثافة المتوسطة عند توفرها بأسعار مناسبة، إلا أنه عموماً لا تُستخدم الأنواع ذات الكثافة النوعية العالية (السنديان، البلوط، اللاركس....)، لأنها تعطي ألواحاً ثقيلة صعبة النقل ومكلفة، وبذلك تفضل عموماً الأنواع منخفضة إلى متوسطة الكثافة، ويتم اعتماد معامل الانضغاط Compression ratio (النسبة بين كثافة الألواح وكثافة خشب الأصل) كمؤشر لتحديد الكثافة المقبولة، إذ تُعد القيمة 1.3 مؤشراً وسطياً لمعامل الانضغاط، بينما تعطي أخشاب الأنواع عالية الكثافة ألواحاً أكثر متانة يمكن الاستفادة منها في المجالات المختلفة، كما يؤثر دخول القلف في التصنيع سلباً في صفات الألواح، لذلك يجب التخلص من القلف قبل عملية الفرغ لمنع ظهور بقع سوداء على سطح اللوح مما يقلل من قيمته الجمالية، إذ يفضل ألا تزيد نسبة القلف عن 5 إلى 10% من الوزن الجاف للحبيبات الخشبية.

## الفصل الثاني

### مواد البحث وطرائقه

## 2. مواد البحث وطرائقه:

نُفذ البحث بين عامي 2019 و 2020 في مخابر كلية الهندسة الزراعية، و مخابر التقانات الحيوية في دمشق ، واستخدمت نواتج تقليم الصفورا اليابانية *Sophora japonica* L. في تصنيع ثمانية نماذج من الألواح الخشبية المضغوطة التي اختلفت فيما بينها في حجم الرقائق الخشبية (كبيرة ، صغيرة) ، ونسبة المادة اللاصقة (8 و 10% يوريا فورم الدهيد)، ونسبة المادة المقسية (1 و 2 % سلفات الألمونيوم) حيث تم تقليم ثلاث أشجار في مزرعة كلية الزراعة، إذ يتراوح عمرها بين 10 إلى 15 سنة.

### 2-1- مواد البحث Research materials:

#### الجدول رقم 1. المواد المستخدمة في تنفيذ البحث.

| الرقم | المادة                              | المصدر(المكان)          |
|-------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1-1-2 | بقايا تقليم أشجار الصفورا اليابانية | كلية الزراعة-دمشق       |
| 2-1-2 | منشار كهربائي للتقليم               | كلية الزراعة-دمشق       |
| 3-1-2 | غراء حراري (يوريا فورم ألدهيد)      | مخبر بحوث الأخشاب -دمشق |
| 4-1-2 | مادة مقسية (سلفات الألمونيوم)       | مخبر بحوث الأخشاب -دمشق |

|                                                                    |                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------|
| الهيئة العامة للتقانات الحيوية                                     | ورق المنيوم                              | 5-1-2  |
| الهيئة العامة للتقانات الحيوية                                     | مكبس حراري (ضغط 200 بار)                 | 6-1-2  |
| الهيئة العامة للتقانات الحيوية                                     | خلاط مواد                                | -7-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | مقياس رطوبة إلكتروني يدوي                | 8-1-2  |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | ميزان حرارة مدمج Sartorius<br>AG Germany | 9-1-2  |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | ديسيكاتور حجم كبير                       | 10-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | أحواض قياس الامتصاص والانتباج<br>بالماء  | 11-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | جهاز ماء مقطر                            | 12-1-2 |
| مخبر البيتون ومقاومة المواد _ كلية<br>الهندسة المدنية _ جامعة دمشق | آلة قياس المقاومات الميكانيكية<br>للخشب  | 13-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | جهاز PH meter-SM 100                     | 14-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | قوالب تشكيل خشبية                        | 15-1-2 |
| مخبر بحوث الأخشاب -دمشق                                            | ميزان حرارة عادي                         | 16-1-2 |
| مخبر الأرصاد الجوية-جامعة دمشق                                     | مقياس رطوبة جوية (هيجروميت)              | 17-1-2 |

|        |                                                       |                                |
|--------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 18-1-2 | مجفف حراري                                            | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |
| 19-1-2 | موازين حساسة بدقة 0.01<br>و 0.0001 غ                  | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |
| 20-1-2 | مسدس بخ غراء مع ضاغط هواء                             | الهيئة العامة للتقانات الحيوية |
| 21-1-2 | بياكوليس ديجيتال                                      | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |
| 22-1-2 | قفازات عازلة للحرارة                                  | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |
| 23-1-2 | أفرول وقناع واقيان من الإصدارات<br>والمواد الكيميائية | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |
| 24-1-2 | خلاط غراء ميكانيكي                                    | مخبر بحوث الأخشاب - دمشق       |

## 2.2. طرائق البحث Research methods:

2-2-1- تم تقليم عدة أشجار من الصفورا اليابانية في مزرعة كلية الزراعة في أبي جرش، ونشرت باستخدام منشار كهربائي، ثم تم تجريد نواتج التقليم من الأغصان الجانبية لسهولة العمل (الشكلان رقم 1، 2).



الشكل رقم 1. بعض الأشجار التي قُلمت



الشكل رقم 2. إزالة الأغصان الجانبية من نواتج التقليم.

2-2-2- نُقلت نواتج التقليم إلى غرفة مهواة في مزرعة الكلية، ووضعت في الظل مرتبةً فوق بعضها البعض متصالبةً لزيادة كفاءة التجفيف الهوائي، ثم تركت لمدة أربعة أشهر كي تفقد ماءها الحر، ولتحقيق الهدم الفعال للمستخلصات الخشبية الموجودة في الخشب الصميمي والخشب المحيطي، ومن ثم زيادة فعالية المواد اللاصقة بالالصق، وزيادة متانة اللوح (الشكلان رقم 3،33).



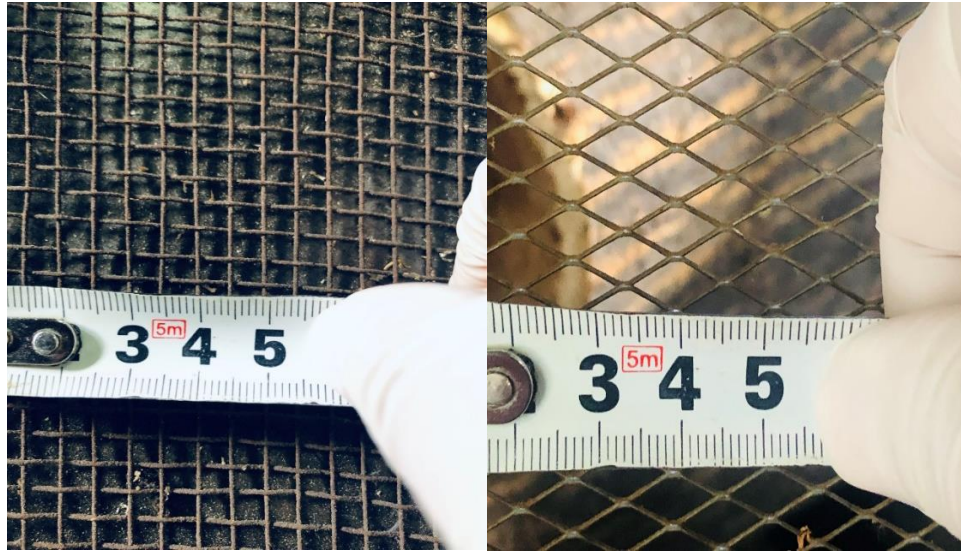
الشكل رقم 3. وضع نواتج التقليم في مكان ظليل ومهوى.

2-2-3- نُقلت بعدها نواتج التقليم إلى منشرة كلية الزراعة، ونُشرت بالمنشار الشريطي إلى قطع، ثم حُولت إلى نشارة خشبية على شكل حبيبات باستخدام جهاز الرابوب (الشكلان رقم 4،34).



الشكل رقم 4. فرم الكتل الخشبية بوساطة الرابوب.

4-2-2- بعد ذلك فُرزت الحبيبات الخشبية إلى حجمين (كبير، صغير) بتخليها بوساطة مناخل ذات فتحات 0.5 - 1 سم، و بذلك تم التخلص من الغبار الخشبي (الشكلان رقم 5، 6، 35).



الشكل رقم 5 . مناخل بفتحات ذات قطر 1,0.5 سم لتخيل الحبيبات الخشبية.



الشكل رقم 6. عينات من الغبار الخشبي الناتج عن فرز الحبيبات الخشبية.

2-2-5- من ثم غُبات حبيبات النشارة الخشبية (كبيرة ، صغيرة) في أكياس، وأعطيت رموزاً بشكل مناسب، وأعيدت لغرفة التجفيف (الشكل رقم 35).

2-2-6- تم تجفيف حبيبات النشارة الخشبية هوائياً تمهيداً لتصنيعها (الشكل رقم 7).



الشكل رقم 7. تجفيف الحبيبات الخشبية هوائياً تمهيداً لعملية التصنيع.

2-2-7- تم توصيف أبعاد الحبيبات الخشبية (الشكل رقم 8) حسب الجدول الآتي:

الجدول رقم 2 . توصيف أبعاد الحبيبات الخشبية الناتجة.

| الحجم              | الطول (سم)     | السماكة (مم) |
|--------------------|----------------|--------------|
| حبيبات خشبية كبيرة | $1 < \leq 2$   | 0.65         |
| حبيبات خشبية صغيرة | $0.5 < \leq 1$ | 0.65         |



الشكل رقم 8. ابعاد الحبيبات الخشبية المستخدمة في التصنيع.

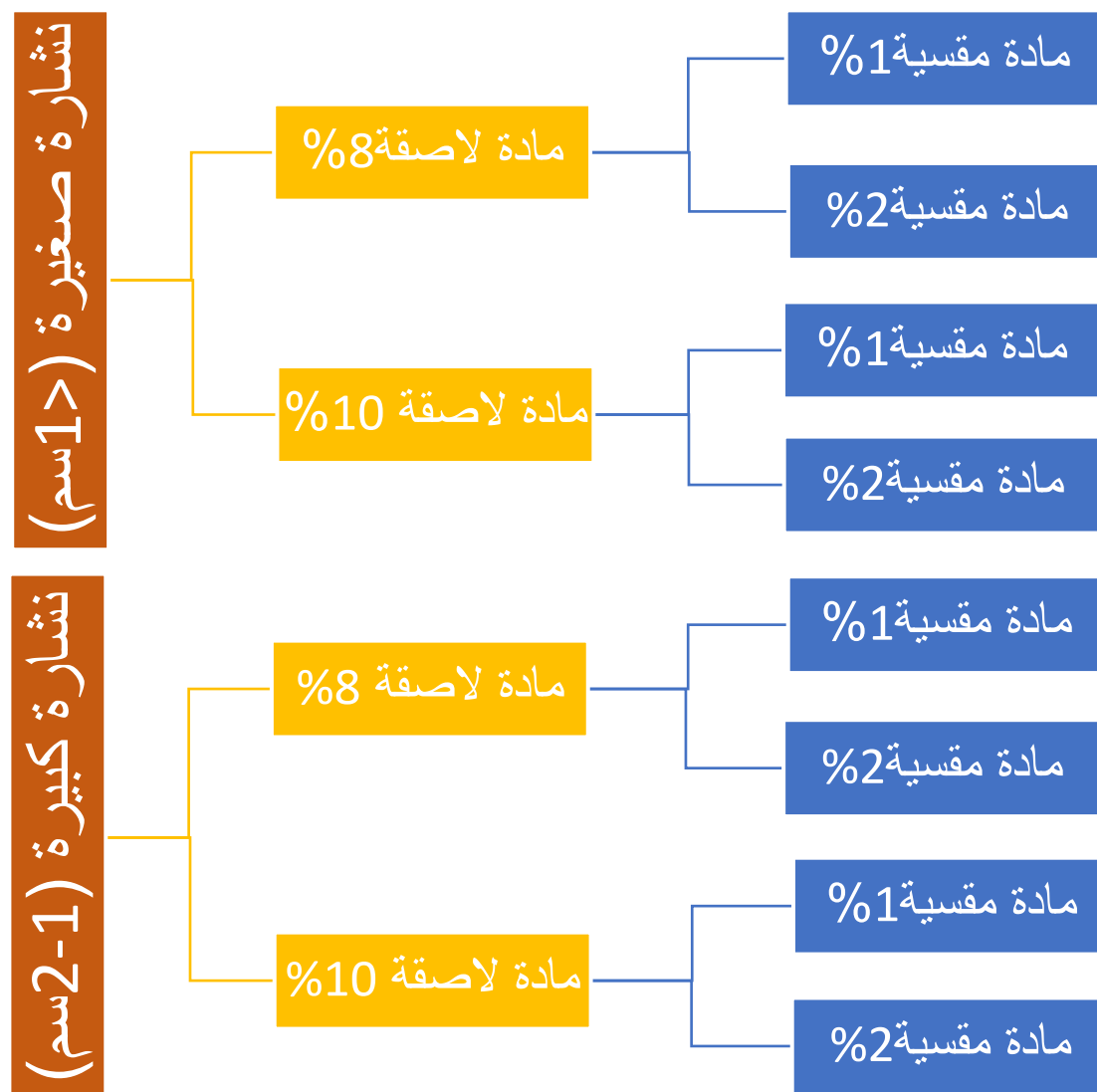
2-2-8- تمت صناعة نماذج ألواح الخشب الحبيبي باستخدام المادة اللاصقة اليوريا فورم ألدهيد، إذ تم تصنيع

ثمانية نماذج من ألواح الخشب الحبيبي وبمعدل ثلاثة مكررات لكل أنموذج وفقاً للطريقة المعتمدة بالمعيار

الصناعي الألماني (DIN, 1999) والمستخدم في مراكز بحوث الأخشاب في أوروبا لإختبار امكانية استخدام

مادة خشبية أولية لصناعة الخشب المضغوط وفقاً لشروط التصنيع المطبقة في المصانع الأوروبية، ويوضح الشكل البياني رقم 1 ذلك.

- خضعت جميع نتائج الاختبارات لتحليل التباين ثنائي الاتجاه Two sample T-test، وحُسبت قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوي 5% باستخدام البرنامج XLSTAT15.



الشكل البياني رقم 1. نماذج الألواح المصنعة (عدد النماذج 8، عدد الألواح 24).

وذلك وفقاً للخطوات التالية:

1. تم نقل الحبيبات الخشبية من غرفة التجفيف إلى وحدة التصنيع الخشبي بعد تجفيفها في مجففة هواء ساخن بدرجة حرارة 40 مئوية لمدة 24 ساعة حتى درجة رطوبة 5% تقريباً، كذلك تم تطبيق الحرارة 70 مئوية للحصول على رطوبة 2% خلال 12 ساعة ( Ronnols وزملائه، 2019 ) (الشكلان رقم 9،10).



الشكل رقم 9. وضع الحبيبات الخشبية في المجفف الحراري للوصول لرطوبة نحو 5%.



الشكل رقم 10. قياس رطوبة الحبيبات الخشبية بجهاز Sartorius AG بعد التجفيف مباشرة.

2. تم تحضير الغراء والمادة المقسية بالخلاط الميكانيكي في مخبر بحوث الأخشاب في كلية الزراعة (الشكلان رقم 11، 12).



الشكل رقم 11. وزن الكميات المطلوبة من المواد الكيميائية والحبيبات الخشبية.



الشكل رقم 12. تحضير اليوريا فورم ألدهيد وسلفات الأمونيوم بواسطة الخلاط الميكانيكي.

3. تمت تغرية النشارة الخشبية في خلاط عينات مجهز ببخاخات للغراء بالمادة اللاصقة الصناعية يوريا فورم

ألدهيد UF-resin (Urea Formaldehyde resin) بنسبتين مختلفتين (10,8%) من وزن النشارة الجافة

(الاسم التجاري للغراء FARS)، وتضاف مادة سلفات الأمونيوم بوصفها مادة مقسية للغراء بنسبة 1% إلى 2%

من وزن المادة الجافة للغراء، إذ بلغت رطوبة النشارة المغرأة 11%، علماً أنه تم ضبط لوحة تحكم الخلاط على

سرعة 30 دورة/الدقيقة، وساعة ضاغط الهواء على ضغط يقارب 100 بار (الأشكال 13، 14، 15، 16).



الشكل رقم 13. البخ الرذاذي لسلفات الأمونيوم واليوريا فورم ألدهيد على الحبيبات الخشبية ضمن خلاط العينات.



الشكل رقم 14. قياس رطوبة الحبيبات المغراة بأسلوب العينات التجميعية.



الشكل رقم 16. التأكد من عدم تجاوز الرطوبة لـ 11%.



الشكل رقم 15. تعديل رطوبة الحبيبات بواسطة أشعة الشمس.

4. تم فرش 2.87 كغ من النشارة المغرة (لتحقيق كثافة 700 كغ/م<sup>3</sup>) داخل إطار خشبي مربع بأبعاد 43 سم × 43 سم × 18 سم موضوعاً على صينية معدنية بأبعاد 50×50 سم، ثم تم وضع غطاء خشبي بأبعاد 42.75 سم × 42.75 سم فوق النشارة المغرة ومن ثم تم الضغط عليه بالدعس لعدة دقائق للتخلص من الهواء الموجود بين الحبيبات الخشبية، ثم سُحب الإطار الخشبي للحصول على فرشاة النشارة الخشبية المغرة (الشكلان رقم 17، 18، 37).



الشكل رقم 17. تشكيل أولي للحبيبات المغرة ورفع إطار التحديد الخشبي.



الشكل رقم 18. فرشاة الحبيبات الخشبية الناتجة عن الكبس الأولي.

5. تم وضع صينية معدنية بأبعاد 50 سم × 50 سم فوق النشارة المغرة لتصبح بذلك النشارة المغرة محصورة بين الصينيتين المعدنيتين، تم إدخالهما بين صفحتي المكبس الحراري ليصار إلى كبسهما على حرارة 180 مئوية لمدة 10 دقائق (نجح التصنيع أيضاً عند الكبس على حرارة 160 مئوية لمدة 12 دقيقة)، وإلى سماكة 20 مم، وتحت ضغط 50 كغ/سم<sup>2</sup> (الشكل رقم 19).



الشكل رقم 19. معايرة الحرارة والضغط والمؤقت الزمني في المكبس الهيدروليكي الحراري.

6. حُدِدت السماكة بوضع قضبان تحديد معدنية بسماكة 2 سم (الشكل رقم 20).



الشكل رقم 20. معاملة فرشاة الحبيبات الخشبية بصفائح المكبس الهيدروليكي الحراري تحت ضغط 50 بار.

7. تم تبريد اللوح المُصنَّع بعد إخراجهِ من المكبس (لزيادة متانة اللوح وفعالية المادة اللاصقة) (الشكل رقم 21).



الشكل رقم 21. استخدام الفقاعات العازلة لإخراج اللوح من المكبس وتبريده.

8. تم تحديد حواف اللوح (لتجنب سلبية الأثر الحافي) الناتج لتصبح أبعاد اللوح 41 سم× 41 سم× 2 سم (الشكل

رقم 22).



الشكل رقم 22. إزالة 5 سم من حواف اللوح لاستبعاد رداءة التأثير الحافي للكبس.

9. صُنعت ثمانية نماذج من ألواح الخشب الحبيبي بمعدل ثلاثة ألواح لكل أنموذج (حبيبات كبيرة، 10%، 1% )،

(حبيبات كبيرة، 10%، 2%)، (حبيبات كبيرة، 8%، 1%)، (حبيبات كبيرة، 8%، 2%)، (حبيبات صغيرة، 10%،

1%)، (حبيبات صغيرة، 10%، 2%)، (حبيبات صغيرة، 8%، 1%)، (حبيبات صغيرة، 8%، 2%) (الشكل

رقم 23).



الشكل رقم 23. نماذج الألواح المصنعة من الحبيبات الكبيرة والصغيرة.

10. قُطعت الألواح إلى عينات أنموذجية مناسبة للاختبارات الفيزيائية والميكانيكية، وحفظت في ظروف مُرمزة تمهيداً لاختبارها (الشكلان رقم 24، 36).



الشكل رقم 24. وضع العينات في ظروف مُرمزة.

### 3.2. دراسة المواصفات الفيزيائية والميكانيكية:

دُرست المواصفات الفيزيائية والميكانيكية العائدة للنماذج الثمانية، وقورنت مع قيم المواصفات الفيزيائية

والميكانيكية القياسية الأوروبية (DIN, 1999)، وشملت الآتي:

❖ المواصفات الفيزيائية:

1.3.2. اختبار المحتوى الرطوبي Moisture content حسب المعيار الصناعي الأوروبي (EN 322).

2.3.2. اختبار الكثافة Density حسب المعيار الصناعي الأوروبي (EN 323) .

3.3.2. اختبار المقدرة على امتصاص الماء Water absorption بعد ساعتين ثم بعد 24 ساعة حسب المعيار

الصناعي الأوروبي (EN 52351).

4.3.2. اختبار الانتباج العرضي بالماء Cross-swilling بعد ساعتين ثم، بعد 24 ساعة حسب المعيار الصناعي

الأوروبي (EN 317).

❖ المواصفات الميكانيكية:

5.3.2. اختبار المقاومة للانحناء الساكن Binding - Static، حسب المعيار الصناعي الأوروبي (EN 310).

❖ دراسة الصفات الفيزيائية للألواح المصنعة:

#### 1.3.2. تقدير المحتوى الرطوبي Moisture content حسب المعيار الأوروبي (EN322):

- تعتمد هذه الطريقة على تقدير النسبة المئوية للفقد الرطوبي لدى تجفيف العينات على درجة حرارة  $103 \pm 2$  درجة مئوية حتى ثبات الوزن (عادة أكثر من 18 ساعة)، والمقصود بثبات الوزن ألا يكون الفرق بين وزنتين متتاليتين كل 2 ساعة أكثر من 0,002 غ.

- طريقة تنفيذ التجربة: وزنت العينات (مكعبة الشكل ، لا يقل وزنها عن 20 غ ) بميزان حساس يقيس بدقة (0.001 غ ) قبل التجفيف وبعد التجفيف، وخضعت العينات للتجفيف المجففة الحرارية (ضبطت حرارتها على درجة  $103 \pm 2$  درجة مئوية)، ثم نُقلت إلى وعاء زجاجي يحوي مادة كلور الكالسيوم (الديسيكاتور) بعد التجفيف كي تبرد (الشكل رقم 25)، وبعد ذلك تحسب نسبة الرطوبة من العلاقة التالية:

$$H(\%) = \frac{m_H - m_o}{m_o} \times 100$$

حيث : H (%) الرطوبة كنسبة مئوية.

$m_H$ : وزن العينة قبل التجفيف (غ).

$m_o$ : وزن العينة بعد التجفيف (غ) (DIN, 1999) .



الشكل رقم 25. اخضاع العينات لاختبار المحتوى الرطوبي.

### 2.3.2. تقدير الكثافة Density حسب المعيار الأوروبي (EN323) :

- مبدأ تقدير الكثافة: يعتمد على حاصل قسمة وزن العينة الخشبية على حجمها عند درجة رطوبة معينة.
- طريقة تنفيذ التجربة: أخذت 9-12 عينة بأبعاد 5×5×2 سم<sup>3</sup>، وقيست أبعاد العينات بدقة متناهية للحصول على الحجم باستخدام مقياس الميكروميتر (البياكوليس)، بعد ذلك توزن العينات بميزان حساس يزين بدقة 0.01 غ (الشكل رقم 26)، ثم تُحسب الكثافة من العلاقة التالية:

$$D = \frac{m_u}{v_u} \text{ (غ/سم}^3\text{) أو (كغ/م}^3\text{)}$$

حيث D: غ/سم<sup>3</sup> الكثافة عند درجة الرطوبة (u %).

$m_u$ : وزن العينة عند درجة الرطوبة (u %).

$v_u$ : حجم العينة عند درجة الرطوبة (u %) (DIN, 1999).



الشكل رقم 26. وزن العينات الخاصة باختبار الكثافة وقياس أبعادها.

### 3.3.2. تقدير امتصاص المادة الخشبية المصنعة للماء **Water absorption** حسب المعيار الأوروبي

**:(EN 52351)**

- مبدأ تقدير امتصاص الخشب للماء: حُسبت النسبة المئوية لوزن الماء الممتص بعد غمر العينات الخشبية بالماء لمدة ساعتين إلى 24 ساعة، إذ تُقاس هذه الخاصية لكافة أنواع الأخشاب المصنعة (المركبة).
- طريقة تنفيذ التجربة: تؤخذ 9-12 عينة (أبعاد العينات 2×5×5 سم<sup>3</sup>، ويسمح بارتياح في الأبعاد بمقدار  $1 \pm$  مم)، رُقمت و وزنت باستخدام ميزان حساس بدقة 0.01 غ (الشكل رقم 28)، بعد ذلك وضعت العينات في المربعات المخصصة لها في حوض النقع (ظروف تماثل تلك التي سيكون عليها الخشب عند استخدامه من

حيث الحرارة والرطوبة حتى ثبات الوزن (في أوروبا تستخدم درجة الحرارة  $20 \pm 2$  مئوية و رطوبة  $56 \pm 5\%$ )، ثم وضعت صفيحة معدنية مثقبة فوقها، ومُلاً حوض النقع بالماء بحيث يعلو الماء الصفيحة بمقدار لا يقل عن 2.5 سم، وبعد ساعتين إلى 24 ساعة سُحبت العينات من الماء وصُرف الماء الزائد (الشكل رقم 27، 30)، وتوزّن، بعد ذلك تحسب النسبة المئوية للماء الممتص من العلاقة الآتية:

$$S(\%) = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

حيث S%: النسبة المئوية للماء الممتص.

W1: وزن العينة قبل النقع (غ).

W2: وزن العينة بعد النقع (غ) (DIN, 1999).

#### 4.3.2. طريقة تقدير الانتاج العرضي في سماكة اللوح الخشبي المصنع Cross-swilling حسب

##### المعيار الأوروبي (EN317):

- مبدأ تقدير الانتاج في سماكة الألواح الخشبية المصنعة :حُسبت النسبة المئوية للزيادة في سماكة العينات الخشبية بعد غمرها في الماء لمدة ساعتين إلى 24 ساعة.
- طريقة تنفيذ التجربة : أُخذت 9-12 عينة ورقمت وقيست سماكتها بوساطة الميكرومتر، وضعت بعدها في المربعات المخصصة لها في حوض النقع، من ثم وضع فوقها صفيحة معدنية مثقبة لمنع العينات من الطفو، بعد ذلك مُلاً الحوض بالماء (ظروف تماثل تلك التي سيكون عليها الخشب عند استخدامه من حيث الحرارة والرطوبة حتى ثبات الوزن، حرارة الماء  $20 \pm$  درجة مئوية ورقم حموضته PH:  $7 \pm 1$ ) بحيث يعلو الماء الصفيحة بمقدار لا يقل عن 2,5سم، وبعد ساعتين إلى 24 ساعة من النقع سحبت العينات من الماء وصرف الماء الزائد منها، ثم قيس

سماكتها بواسطة الميكرومتر (الأشكال رقم 27، 29، 38، 40)، ثم حُسبت النسبة المئوية للانتباج في السماكة من

العلاقة التالية:

$$G_t (\%) = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

حيث: G% النسبة المئوية للانتباج العينات.

t<sub>1</sub>: سماكة العينة قبل النقع (مم).

t<sub>2</sub>: سماكة العينة بعد النقع (مم) (DIN, 1999).



الشكل رقم 27. اجراء اختباري الانتباج والامتصاص وفق المؤشرات المطلوبة.



الشكل رقم 28. وزن عينات اختبار الامتصاص قبل عملية النقع وبعدها.



الشكل رقم 29. قياس سماكة عينات اختبار الانتباج قبل عملية النقع وبعدها .



الشكل رقم 30 . ظهور اللون الأصفر العائد لمادة الروتين الفينولية في أحواض النقع.

#### ❖ دراسة المواصفات الميكانيكية للألواح المصنعة:

اختُبرت المواصفات الميكانيكية لألواح النماذج المصنعة في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية في جامعة

دمشق تبعاً للمعايير الصناعية الأوروبية :

#### 5.3.2. اختبار المقاومة للانحناء الساكن Static- Binding حسب المعيار الصناعي الأوروبي

##### (EN310) للمادة الخشبية المصنعة:

- مبدأ القياس: قيست مقاومة الخشب للقوة المطبقة تدريجياً باتجاه عمودي على اتجاه الألياف، بحيث طُبقت القوة في منتصف العينة الخشبية حتى انكسارها (سرعة تزايد الحمولة المطبقة 20-30 نيوتن /مم<sup>2</sup>/د)، وحُسبت مقاومة الخشب للانحناء الساكن (نيوتن/مم<sup>2</sup>).
- طريقة تنفيذ القياس: أُستخدم لهذا الاختبار عينات خشبية (9-12 عينة)، إذ وُضعت العينة (طول العينة= سماكة العينة (مم) × 10 + 100 مم، عرض العينة 50 مم، يتم تحديد الأبعاد بواسطة البياكوليس) على ركيزتين ثابتتين في آلة قياس المواصفات الميكانيكية، وكان البعد بينهما يساوي سماكة العينة × 10 وطُبقت قوة متزايدة في منتصف العينة

عمودياً على اتجاه الألياف حتى بداية انكسارها، من ثم قُرأت قيمة القوة على شاشة الآلة (الشكلان رقم 31، 39) ،  
وتحسب مقاومة الخشب للانحناء من العلاقة:

$$B = \frac{3 \times l \times F_{max}}{2 \times b \times h^2} \text{ (نيوتن/مم}^2\text{)}$$

حيث B: مقاومة الانحناء الساكن.

$F_{max}$  : القوة العظمى للانكسار (نيوتن).

L: البعد بين ركيزتي جهاز (260 ملم).

b: عرض العينة الخشبية (مم).

h: سماكة العينة الخشبية أو اللوح الخشبي (مم) (DIN, 1999) .



الشكل رقم 31. تطبيق الاختبار بعد تحديد البُعد بين ركيزتي الجهاز.

## الفصل الثالث

### النتائج ومناقشتها

### 3. النتائج والمناقشة Results and Discussion :

بعد تطبيق طريقة العمل تم الحصول على نتائج الاختبارات الآتية: اختبار المحتوى الرطوبي، اختبار الكثافة، اختبار الامتصاص (2ساعة، 24ساعة) اختبار الانتباج (2ساعة، 24ساعة) ، اختبار مقاومة الانحناء الساكن، وأُخضعت النتائج لتحليل التباين ثنائي الاتجاه Two sample T-test، إذ شملت الدراسة الإحصائية المعاملات الآتية حبيبات كبيرة- 8% لاصق -1% مُقَسَّ (1) ، حبيبات كبيرة - 8% لاصق-2% مُقَسَّ (2) ، حبيبات كبيرة- 10% لاصق-1% مُقَسَّ (3) ، حبيبات كبيرة-10% لاصق-2% مُقَسَّ (4) ، حبيبات صغيرة-8% لاصق-1% مُقَسَّ (5) ، حبيبات صغيرة-8% لاصق-2% مُقَسَّ (6) ، حبيبات صغيرة-10% لاصق-1% مُقَسَّ (7) ، حبيبات صغيرة -10% لاصق-2% مُقَسَّ (8) .

#### المواصفات الفيزيائية للألواح المصنعة:

##### 1.3. نتائج مؤشر المحتوى الرطوبي

يلاحظ من الجدول رقم (3) أن جميع قيم المعاملات في اختبار تقدير المحتوى الرطوبي تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (5-10%) EN-322 المعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (DIN,1999)، إذ حازت المعاملة رقم 5 (حبيبات صغيرة ، 8% لاصق-1% مُقَسَّ) على أقل قيمة للمحتوى الرطوبي 5.523 %، وكان هناك فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين جميع معاملات الحبيبات الكبيرة (1) ، (2) ، (3) ، (4) ، أما بالنسبة إلى معاملات الحبيبات الصغيرة، ولوحظ فرق معنوي بين المعاملات التالية (5) (6) ، (5) (7) ، (5) (8) ، (6) (7) ، (6) (8) .

### • تأثير اختلاف حجم الحبيبات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- أثر حجم الحبيبات الخشبية (كبيرة - صغيرة) في المحتوى الرطوبي فسجلت معاملات الحبيبات الكبيرة على قيم محتوى رطوبي أعلى من معاملات الحبيبات الصغيرة، كما في المعاملة (4) و (8) ؛ ويعود ذلك لقلة عدد الحبيبات الخشبية الداخلة في صناعة ألواح الحبيبات الكبيرة مقارنة بالألواح الحبيبات الصغيرة المحتوية على أعداد كبيرة جداً من الحبيبات، ومن ثمّ يتوزع المحلول الغرائي على عدد حبيبات أقل، فيكون امتصاص الحبيبات الكبيرة للمحلول الغرائي وتغذّيقها به أكثر كفاءةً مما هو عليه لدى الحبيبات الصغيرة، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه John وزملاءه (2003) ؛ و Hameed وزملائه (2018).

### • تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة من اليوريا فورم ألدهيد (8-10%) في المحتوى الرطوبي فسجلت المعاملات الحاوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) أعلى محتوى رطوبي مقارنة بالمعاملات الحاوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد)، كما في المعاملة (3) و (2) ؛ ويعمل ذلك بزيادة كمية الماء اللازمة لإعداد المحلول الغرائي طردياً مع زيادة وزن بودرة الغراء الحراري المستخدمة في تشكيل النماذج، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه John وزملاءه (2003).

### • تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء {سلفات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في المحتوى الرطوبي، فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) أعلى محتوى رطوبي مقارنةً بالمعاملات المحتوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (4) و (3)؛ ويعمل ذلك بالتناسب الطردي بين كمية الماء اللازم لإعداد محلول المادة المقسية للغراء (سلفات الأمونيوم) ووزن سلفات الأمونيوم المستخدمة في تقسية الغراء الحراري، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه John وزملائه (2003).

الجدول رقم 3 . قيم المحتوى الرطوبي لنماذج الألواح الخشبية المصنعة.

| المجال المعياري<br>الأوروبي %<br>(EN-322) | المحتوى الرطوبي (%) | النماذج المصنعة        |              |
|-------------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                           |                     | نسب المواد المضافة(%)  | حجم الحبيبات |
| 10-5                                      | 5.536 <sup>b</sup>  | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                           | 5.544 <sup>c</sup>  | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (2)  |              |
|                                           | 5.584 <sup>e</sup>  | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (3) |              |
|                                           | 5.593 <sup>f</sup>  | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (4) |              |
|                                           | 5.523 <sup>a</sup>  | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                           | 5.535 <sup>b</sup>  | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (6)  |              |
|                                           | 5.565 <sup>d</sup>  | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (7) |              |
|                                           | 5.567 <sup>d</sup>  | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (8) |              |
| 0.004                                     |                     | %5 LSD                 |              |

\* الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\* المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 2.3. نتائج مؤشر الكثافة:

- يلاحظ من الجدول رقم 4 أن جميع قيم معاملات اختبار تقدير الكثافة لنماذج الألواح الخشبية المصنعة تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي لقيم الكثافة المتوسطة (0.64-0.8 غ/سم<sup>3</sup>) EN-323، المُعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (DIN, 1999)، وسجلت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مُقَسِّ) أعلى قيمة للكثافة 0.777 غ/سم<sup>3</sup>، دون وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحبيبات الكبيرة (1) (2) (3) (4) ، أما بالنسبة إلى معاملات الحبيبات الصغيرة فيوجد فرق معنوي بين المعاملات (7) (8) ، (6) (7).

- ويلاحظ عموماً أن قيم الكثافة لنماذج الألواح المصنعة ازدادت طردياً مع زيادة تركيز المادة اللاصقة (يوريا فورم ألدهيد UF، من 8% إلى 10%)، والمادة المقسية للغراء (سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ، من 1% إلى 2%)، ويعمل ذلك بزيادة وزن المحاليل الكيميائية المضافة لفرشة النشارة الخشبية المجففة.

- ويمكن القول أن الألواح الخشبية المصنعة متوسطة الكثافة تصلح لصناعة الموبيليا ولإنشاءات الهندسية الداخلية (تلبيس صالات ومدرجات) بسبب تميزها بالشكل الفسيفسائي الفريد الذي يتخلله اللون الذهبي، وهذا يشكل قيمة مضافة للألواح في حالة تلبيس المدرجات، فهو يغني عن تلبيس الألواح بطبقة فورميكا نظراً إلى تحقيقها لعنصر الجمال اللوني والشكلي.

الجدول رقم 4. قيم الكثافة لنماذج الألواح الخشبية المصنعة.

| المجال المعياري<br>الأوروبي للكثافة<br>المتوسطة غ/سم <sup>3</sup><br>(EN-323) | الكثافة<br>( غ / سم <sup>3</sup> ) | النماذج المصنعة         |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                                                               |                                    | نسب المواد المضافة(%)   | حجم الحبيبات |
| 0.8-0.64                                                                      | 0.740 <sup>a</sup>                 | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                                                               | 0.740 <sup>a</sup>                 | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (2)  |              |
|                                                                               | 0.757 <sup>a</sup>                 | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (3) |              |
|                                                                               | 0.777 <sup>a</sup>                 | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (4) |              |
|                                                                               | 0.733 <sup>ab</sup>                | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                                                               | 0.743 <sup>a</sup>                 | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (6)  |              |
|                                                                               | 0.690 <sup>b</sup>                 | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (7) |              |
|                                                                               | 0.767 <sup>a</sup>                 | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (8) |              |
| 0.044                                                                         |                                    | %5 LSD                  |              |

\*الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\*المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 3.3. نتائج مؤشر امتصاص المادة الخشبية (2سا):

يُلاحظ من الجدول رقم 5 أنَّ جميع قيم المعاملات في اختبار تقدير امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي (60-65%) EN-52351 للقيم المقبولة المُعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (1999,DIN)، وقد حققت جميع المعاملات نسب امتصاص أقل من المعيار القياسي الأوروبي، وبذلك تكون متفوقة عليه، إذ تفوقت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقسّى) على المعيار الأوروبي بمقدار 24.1%، ولوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحبيبات الصغيرة (5) (6) ، (7) (8)، كذلك لوحظت فروق معنوية بين معاملات الحبيبات الكبيرة (2) (3) ، (2) (4) ، (3) (4) ، (1) (3) ، (1) (4) .

- كما تفوقت المعاملات (حبيبات كبيرة، حبيبات صغيرة) بصفة الامتصاص (2سا) على المعيار القياسي الأوروبي للقيم المقبولة (60-65%) EN-52351 على الرغم من عدم استخدام مواد كارهة للماء (مستحلب شمع البارافين) في تصنيع نماذج الألواح المضغوطة وهذا يكسب نماذج الخشب الحبيبي المصنعة من نواتج تقليم الصفورا اليابانية صفة المقاومة النسبية للماء، ويجعلها مرغوبة في صناعة الموبيليا، الأمر الذي يرفع من قيمتها الاقتصادية.

#### • تأثير اختلاف حجم الحبيبات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- يلاحظ أنَّ حجم الحبيبات الخشبية (كبيرة ، صغيرة) أثر في امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) فسجلت معاملات الحبيبات الكبيرة قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من معاملات الحبيبات الصغيرة، كما في المعاملة (2) و (6) ؛ ويعلل ذلك بكفاءة التغيرية وتجانس الحبيبات الكبيرة (زيادة عدد سطوح التماس المستمرة مع المادة اللاصقة) مقارنة بالحبيبات الصغيرة، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe (1992) and Ernst و John وزملائه (2003) ، Hameed وزملائه (2018)، بينما تتعارض مع ما وجدته (1982) Roffael ، إذ لم تتأثر خاصية الامتصاص بعد 2 ساعة نقع مائي بحجم الحبيبات، ويعلل ذلك، بعدم كفاءة التغيرية للحبيبات نظراً لعدم تناسب الكثافة المعتمدة ( 1.05 غ/سم<sup>3</sup>) وعدد الحبيبات في اللوح مع كمية المادة الرابطة.

• تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد (8-10%) في امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) ، كما في المعاملة (4) و (2) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تفاعل الغراء الحراري مع الحبيبات الخشبية وتغلقها به مع ازدياد نسبة محلول الغراء المضاف، وتتفق هذه النتيجة مع كلٍ من Roffael (1982) و Lelis وزملائه (1993) و Hameed (2000) و Bramryd وزملائه (2020).

• تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء { سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (2) و (1) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تبلور المادة اللاصقة، وكفاءة اللصق مع زيادة تركيز المادة المقسية للغراء وغنى النوع بالمستخلصات الخشبية متعددة الفينول مما يساعد على زيادة تصلب المادة اللاصقة، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003).

الجدول رقم 5. قيم امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) لنماذج الألواح المصنعة .

| المجال المعياري<br>(EN-52351) الأوروبي % | امتصاص المادة الخشبية%<br>(2سا) | النماذج المصنعة         |              |
|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                          |                                 | نسب المواد المضافة(%)   | حجم الحبيبات |
| 65-60                                    | 47.380 <sup>dc</sup>            | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                          | 46.860 <sup>c</sup>             | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (2)  |              |
|                                          | 43.333 <sup>b</sup>             | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (3) |              |
|                                          | 40.977 <sup>a</sup>             | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (4) |              |
|                                          | 53.020 <sup>e</sup>             | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                          | 49.653 <sup>d</sup>             | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (6)  |              |
|                                          | 45.803 <sup>c</sup>             | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (7) |              |
|                                          | 42.503 <sup>ba</sup>            | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (8) |              |
| 2.331                                    |                                 | %5 LSD                  |              |

\* الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\* المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 4.3. نتائج مؤشر امتصاص المادة الخشبية (24سا):

يلاحظ من الجدول رقم 6 أنّ جميع قيم المعاملات في اختبار تقدير امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (90-100%) EN-52351 المُعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (1999,DIN) ، وقد حققت جميع المعاملات نسب امتصاص أقل من المعيار القياسي الأوروبي، وبذلك تكون متفوقة عليه ، إذ تفوقت المعاملة رقم 4 (حببيات كبيرة، 10 % لاصق، 2 % مقسي) والمعاملة رقم 8 (حببيات صغيرة ، 10% لاصق، 2% مقسٍ) على المعيار الأوروبي للقيم المقبولة بمقدار 41.13 % ، 39.5 % على التوالي، ولوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحببيات الصغيرة (5) (6) ، (6) (8) ، (7) (8) ، (5) (7) ، (5) (8) ، كذلك توجد فروق معنوية بين معاملات الحببيات الكبيرة (1) (2) ، (1) (3) ، (1) (4) ، (2) (4) ، (3) (4).

#### • تأثير اختلاف حجم الحببيات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- أثر حجم الحببيات الخشبية (كبيرة - صغيرة) في امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) فسجلت معاملات الحببيات الكبيرة قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من معاملات الحببيات الصغيرة ، كما في المعاملة (1) و (5) ؛ ويعلل ذلك بكفاءة التغيرية وتجانس الحببيات الكبيرة (زيادة عدد سطوح التماس المستمرة مع المادة اللاصقة) مقارنة بالحببيات الصغيرة، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003) و Hameed وزملائه (2018)، بينما تتعارض مع نتيجة Roffael (1982)، إذ لم تتأثر خاصية الامتصاص بعد 24 ساعة نقع مائي بحجم الحببيات ويعلل ذلك، بعدم كفاءة التغيرية للحببيات نظراً لعدم تناسب الكثافة المعتمدة (1.05 غ/سم<sup>3</sup>) وعدد الحببيات في اللوح، مع كمية المادة الرابطة .

• تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد (8-10%) في امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) فسجلت المعاملات الحاوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد)، كما في المعاملة (6) و (8) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تفاعل الغراء الحراري مع الحبيبات الخشبية وتغدهقها به مع زيادة نسبة محلول الغراء المضاف، وتتفق هذه النتيجة مع كلٍ من Roffael (1982) و Lelis وزملائه (1993) و Hameed (2000) و Bramryd وزملائه (2020).

• تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء { سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) فسجلت المعاملات الحاوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) على قيم امتصاص أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (6) و (5) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تبلور المادة اللاصقة وكفاءة اللصق مع ازدياد تركيز المادة المقسية للغراء، وغنى النوع بالمستخلصات الخشبية متعددة الفينول مما يساعد على زيادة تصلب المادة اللاصقة، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003).

الجدول رقم 6. قيم امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) لنماذج الألواح المصنعة.

| المجال المعياري<br>الأوروبي %<br>(EN-52351) | امتصاص المادة الخشبية%<br>(24سا) | النماذج المصنعة        |              |
|---------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------|
|                                             |                                  | نسب المواد المضافة(%)  | حجم الحبيبات |
| 100-90                                      | 67.373 <sup>d</sup>              | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                             | 64.843 <sup>cb</sup>             | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (2)  |              |
|                                             | 63.363 <sup>b</sup>              | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (3) |              |
|                                             | 58.873 <sup>a</sup>              | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (4) |              |
|                                             | 73.220 <sup>e</sup>              | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                             | 67.620 <sup>d</sup>              | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (6)  |              |
|                                             | 65.777 <sup>dc</sup>             | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (7) |              |
|                                             | 60.507 <sup>a</sup>              | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (8) |              |
| 2.334                                       |                                  | %5 LSD                 |              |

\*الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\*المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 5.3. نتائج مؤشر الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا):

يلاحظ من الجدول رقم 7 أن جميع قيم المعاملات في اختبار تقدير الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) لنماذج الألواح المصنعة تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (10-13%) EN-317 المُعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (1999,DIN) ، وسجلت أغلب المعاملات نسب انتباج عرضي أقل من المعدل القياسي الأوروبي، وبذلك تكون متفوقة عليه، إذ تفوقت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقس) والمعاملة رقم 8 (حبيبات صغيرة، 10% لاصق، 2% مقس) على المعيار الأوروبي بمقدار 8.907%، 8.897% على التوالي، ولوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحبيبات الصغيرة (5) (6) ، (7) (8) ، (5) (8) ، كذلك لوحظت فروق معنوية بين معاملات الحبيبات الكبيرة (1) (2) ، (3) (4) ، (1) (4).

#### • تأثير اختلاف حجم الحبيبات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- أثر حجم الحبيبات الخشبية (كبيرة - صغيرة) في الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) للنماذج الخشبية المصنعة، فسجلت معاملات الحبيبات الكبيرة قيم انتباج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من معاملات الحبيبات الصغيرة، كما في المعاملة (3) و (7) ؛ ويعلل ذلك بكفاءة التغيرية وتجانسها للحبيبات الكبيرة (زيادة عدد سطوح التماس المستمرة مع المادة اللاصقة) مقارنة بالحبيبات الصغيرة، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003) و Hameed وزملائه (2018)، بينما تتعارض مع نتيجة Roffael (1982)، إذ ازداد الانتباج العرضي عند رفع كثافة اللوح المُصنع (حبيبات كبيرة الحجم) من 0.5 إلى 1.05 غ/سم<sup>3</sup> مع ثبات نسب المواد الرابطة المضافة، مما أدى لعدم كفاءة توزيع الغراء الحراري على فرشاة الحبيبات الخشبية.

• تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد (8-10%) على الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) للنماذج الخشبية المصنعة، فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) قيم انتباج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات المحتوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) ، كما في المعاملة (5) و (7) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تفاعل الغراء الحراري مع الحبيبات الخشبية وتغدهقها به مع ازدياد نسبة محلول الغراء المضاف، وتتفق هذه النتيجة مع كلٍ من Roffael (1982) و Hameed (2000) و Lelis وزملائه (1993) و Bramryd وزملائه (2020).

• تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء { سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) للنماذج الخشبية المصنعة ، فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) قيم انتباج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (2) و (4) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تبلور المادة اللاصقة وكفاءة اللصق مع ازدياد تركيز المادة المقسية للغراء، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003)، إذ تُعد المستخلصات الخشبية متعددة الفينول عاملاً مساعداً على زيادة تصلب المادة اللاصقة.

الجدول رقم 7. قيم الانتباج العرضي في سماكة الألواح (2سا) للنماذج المصنعة .

| النماذج المصنعة | حجم الحبيبات | نسب المواد المضافة (%)   | الانتباج العرضي % (2سا) | المجال المعياري<br>الأوروبي %<br>( EN-317) |
|-----------------|--------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
|                 |              |                          |                         |                                            |
| 13-10           | حبيبات كبيرة | 8% لاصق-1% مُقَسِّي (1)  | 8.007 <sup>c</sup>      |                                            |
|                 |              | 8% لاصق-2% مُقَسِّي (2)  | 6.483 <sup>b</sup>      |                                            |
|                 |              | 10% لاصق-1% مُقَسِّي (3) | 6.187 <sup>b</sup>      |                                            |
|                 |              | 10% لاصق-2% مُقَسِّي (4) | 4.093 <sup>a</sup>      |                                            |
|                 | حبيبات صغيرة | 8% لاصق-1% مُقَسِّي (5)  | 10.543 <sup>d</sup>     |                                            |
|                 |              | 8% لاصق-2% مُقَسِّي (6)  | 8.543 <sup>c</sup>      |                                            |
|                 |              | 10% لاصق-1% مُقَسِّي (7) | 7.617 <sup>c</sup>      |                                            |
|                 |              | 10% لاصق-2% مُقَسِّي (8) | 4.103 <sup>a</sup>      |                                            |
| 1.004           |              | %5 LSD                   |                         |                                            |

\*الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\*المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 6.3. نتائج مؤشر الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا):

يلاحظ من الجدول رقم 8 أنّ جميع قيم المعاملات في اختبار تقدير الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا) لنماذج الألواح المصنعة تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (14-16%) EN 317-317 المعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (DIN, 1999)، وقد حققت جميع المعاملات نسب انتباج عرضي أقل من المعدل القياسي الأوروبي وبذلك تكون متفوقة عليه، إذ تفوقت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقس) على المعيار الأوروبي بمقدار 8.677 %، ولوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحبيبات الصغيرة (5) (6)، (7) (5)، (6) (8)، كذلك لوحظت فروق معنوية بين معاملات الحبيبات الكبيرة (1) (2)، (2) (4)، (1) (4)، (3) (1)، (3) (4).

### تأثير اختلاف حجم الحبيبات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- أثر حجم الحبيبات الخشبية (كبيرة - صغيرة) في الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا) للنماذج الخشبية المصنعة، فسجلت معاملات الحبيبات الكبيرة قيم انتباج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من معاملات الحبيبات الصغيرة، كما في المعاملة (4) و (8)؛ ويعلل ذلك بكفاءة التغيرية وتجانسها للحبيبات الكبيرة (زيادة عدد سطوح التماس المستمرة مع المادة اللاصقة) مقارنة بالحبيبات الصغيرة، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John زملائه (2003) و Hameed وزملائه (2018)، بينما تتعارض مع نتيجة Roffael (1982)، إذ ازداد الانتباج العرضي عند رفع كثافة اللوح المصنوع (حبيبات كبيرة الحجم) من 0.5 إلى 1.05 غ/سم<sup>3</sup> مع ثبات نسب المواد الرابطة المضافة، مما أدى لعدم كفاءة توزيع الغراء الحراري على فرشاة الحبيبات الخشبية.

### تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد (8-10%) في الانتاج العرضي في سماكة الألواح (24سا) للنماذج الخشبية المصنعة، ف سجلت المعاملات الحاوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) على قيم انتاج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات المحتوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد)، كما في المعاملة (8) و (6) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تفاعل الغراء الحراري مع الحبيبات الخشبية وتغذفها به مع زيادة نسبة محلول الغراء المضاف، وتتفق هذه النتيجة مع كلٍ من Roffael (1982) و Hameed (2000) و Lelis وزملائه (1993) و Bramryd وزملائه (2020).

### تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء { سلفات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في الانتاج العرضي في سماكة الألواح (24سا) للنماذج الخشبية المصنعة، ف سجلت المعاملات المحتوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) قيم انتاج عرضي أقل (تجاوب سلبي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (3) و (7) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تبلور المادة اللاصقة وكفاءة اللصق مع ازياد تركيز المادة المقسية للغراء، وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John وزملائه (2003)، إذ تُعد المستخلصات الخشبية متعددة الفينول عاملاً مساعداً على زيادة تصلب المادة اللاصقة.

الجدول رقم 8. قيم الانتباج العرضي في سماكة الألواح (24سا) للنماذج المصنعة.

| المجال المعياري<br>الأوروبي %<br>(EN-317) | الانتباج العرضي % (24سا) | النماذج المصنعة         |              |
|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|
|                                           |                          | نسب المواد المضافة (%)  | حجم الحبيبات |
| 16-14                                     | 11.043 <sup>ed</sup>     | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                           | 9.577 <sup>cb</sup>      | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (2)  |              |
|                                           | 9 <sup>cb</sup>          | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (3) |              |
|                                           | 7.323 <sup>a</sup>       | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (4) |              |
|                                           | 12.413 <sup>e</sup>      | 8% لاصق-1% مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                           | 10.187 <sup>dc</sup>     | 8% لاصق-2% مُقَسِّ (6)  |              |
|                                           | 9.3 <sup>cb</sup>        | 10% لاصق-1% مُقَسِّ (7) |              |
|                                           | 8.327 <sup>ba</sup>      | 10% لاصق-2% مُقَسِّ (8) |              |
|                                           | 1.383                    | %5 LSD                  |              |

\* الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

\* المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### المواصفات الميكانيكية للألواح المصنعة:

#### 7.3. نتائج مؤشر مقاومة الانحناء الساكن

يلاحظ من الجدول رقم 9 أن أغلب قيم المعاملات في اختبار تقدير مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة تقع ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (16-20%) EN -310 المعتمد في مراكز أبحاث الأخشاب في أوروبا (DIN, 1999)، وقد حققت أغلب المعاملات قيم مقاومة للانحناء الساكن أعلى من المعيار القياسي الأوروبي، وبذلك تعد متفوقة عليه، إذ تفوقت المعاملة رقم 3 (حببيات كبيرة، 10% لاصق، 1% مقسّ) والمعاملة رقم 4 (حببيات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقسّ) على المعيار الأوروبي بمقدار 4.2%، 5.25% على التوالي، ولوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين معاملات الحببيات الصغيرة (5) (6) (7) (8)، كذلك لوحظت فروق معنوية بين معاملات الحببيات الكبيرة (1) (2) (3) (4).

#### • تأثير اختلاف حجم الحببيات الخشبية {كبيرة - صغيرة}

- نلاحظ أن حجم الحببيات الخشبية (كبيرة - صغيرة) أثر في مقاومة الانحناء الساكن للنماذج الخشبية المصنعة، فسجلت معاملات الحببيات الكبيرة قيم مقاومة انحناء ساكن أعلى (تجاوب إيجابي أعلى) من معاملات الحببيات الصغيرة، كما في المعاملة (2) و (6)؛ ويعلل ذلك بكفاءة التغيرية وتجانس الحببيات الكبيرة (زيادة عدد سطوح التماس المستمرة مع المادة اللاصقة) مقارنة بالحببيات الصغيرة وتتفق هذه النتيجة مع ما وصل إليه كل من Deepe and Ernst (1992) و John و زملائه (2003) و Hameed و زملائه (2018)، وباعتماد على البنية الخشبية يُعلل ذلك بامتداد الألياف بشكل مستمر في الحببيات الخشبية الكبيرة عنه في الحببيات الصغيرة.

#### تأثير اختلاف نسبة المادة اللاصقة {يوريا فورم ألدهيد UF}

- أثرت نسبة المادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد (8-10%) في مقاومة الانحناء الساكن للنماذج الخشبية المصنعة، فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 10% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) على قيم مقاومة انحناء

ساكن أعلى (تجاوب إيجابي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 8% مادة لاصقة (يوريا فورم ألدهيد) ، كما في المعاملة (2) و (4) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تفاعل الغراء الحراري مع الحبيبات الخشبية وتغلقها به مع زيادة نسبة محلول الغراء المضاف، و تتفق هذه النتيجة مع ما وجدته كل من Lelis وزملائه (1993) و Hameed (2000) و Bramryd وزملائه (2020).

#### • تأثير اختلاف نسبة المادة المقسية للغراء { سلفات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ }

- أثرت نسبة المادة المقسية سلفات الأمونيوم (1-2%) في مقاومة الانحناء الساكن للنماذج الخشبية المصنعة ، فسجلت المعاملات المحتوية على نسبة 2% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) قيم انحناء ساكن أقل (تجاوب إيجابي أعلى) من المعاملات الحاوية على نسبة 1% مادة مقسية (سلفات الأمونيوم) ، كما في المعاملة (5) و (6) ؛ ويعمل ذلك بزيادة تبلور المادة اللاصقة وكفاءة اللصق مع ازدياد تركيز المادة المقسية للغراء، وتتفق هذه النتيجة مع وتتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من Deepe and Ernst (1992) و John زملائه (2003).

- ويظهر الشكل البياني رقم 2 ما سبق.

الجدول رقم 9. قيم مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة.

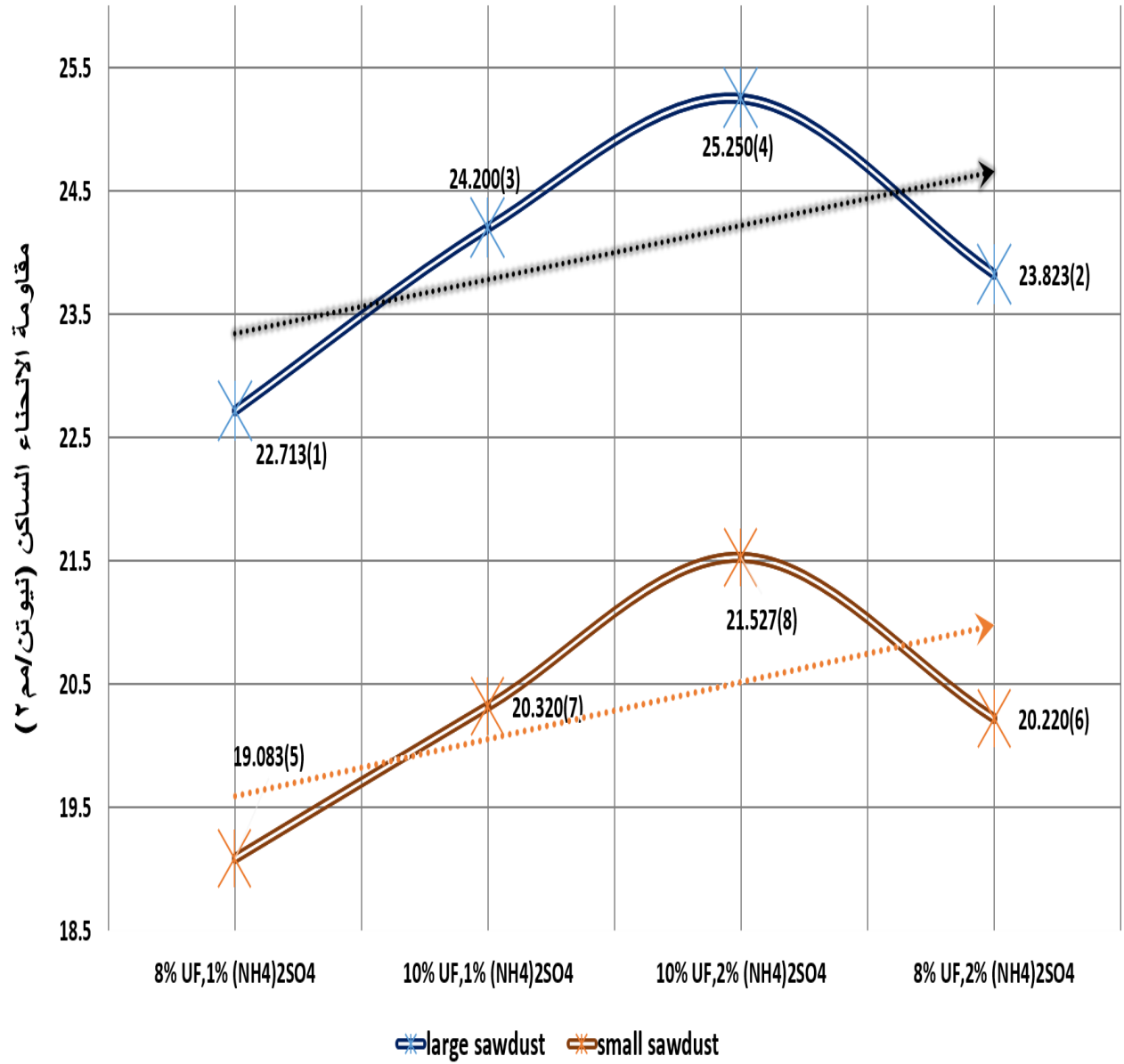
| المجال المعياري<br>الأوروبي نيوتن/مم <sup>2</sup><br>(EN-310) | مقاومة الانحناء<br>الساكن نيوتن/ مم <sup>2</sup> | النماذج المصنعة        |              |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|--------------|
|                                                               |                                                  | نسب المواد المضافة(%)  | حجم الحبيبات |
| 20 -16                                                        | 22.713 <sup>d</sup>                              | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (1)  | حبيبات كبيرة |
|                                                               | 23.823 <sup>c</sup>                              | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (2)  |              |
|                                                               | 24.200 <sup>b</sup>                              | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (3) |              |
|                                                               | 25.250 <sup>a</sup>                              | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (4) |              |
|                                                               | 19.083 <sup>h</sup>                              | 8% لاصق-1%مُقَسِّ (5)  | حبيبات صغيرة |
|                                                               | 20.220 <sup>g</sup>                              | 8% لاصق-2%مُقَسِّ (6)  |              |
|                                                               | 20.320 <sup>f</sup>                              | 10% لاصق-1%مُقَسِّ (7) |              |
|                                                               | 21.527 <sup>e</sup>                              | 10% لاصق-2%مُقَسِّ (8) |              |
| 0.089                                                         |                                                  | %5 LSD                 |              |

\*الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 .

\* المادة اللاصقة: يوريا فورم ألدهيد (UF).

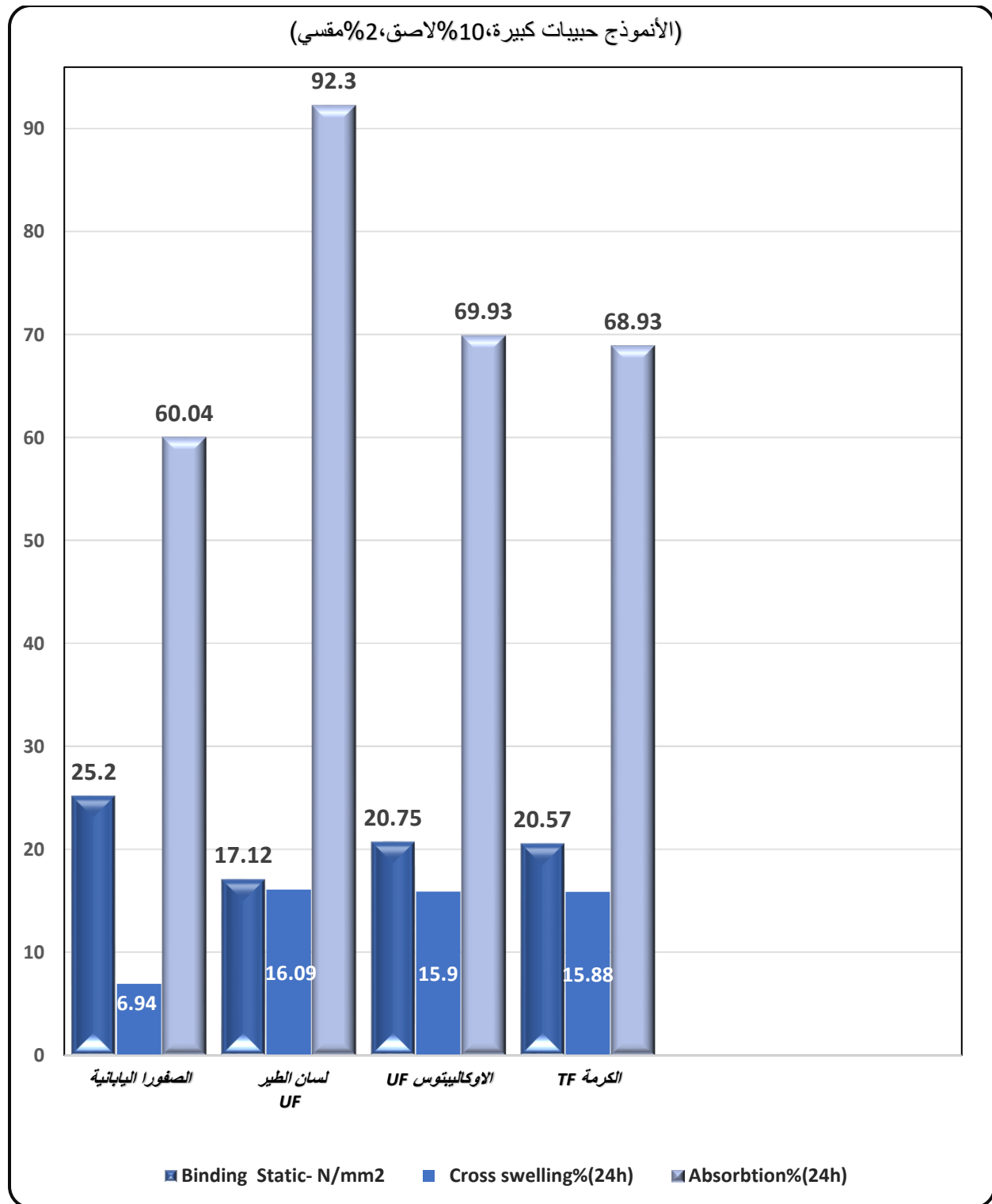
\*المادة المقسية: سلفات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

قيم مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة



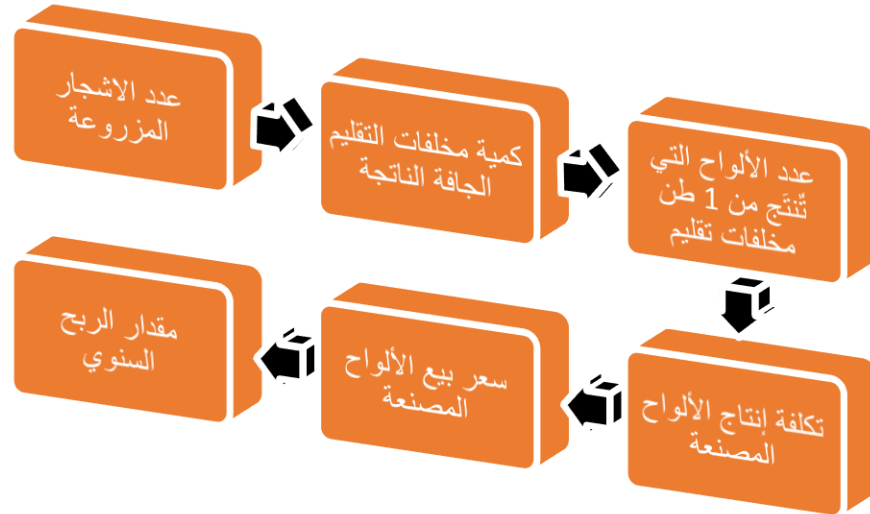
الشكل البياني رقم 2 . قيم مقاومة الانحناء الساكن لنماذج الألواح المصنعة حسب تأثير الحبيبات (كبيرة، صغيرة) والمادة اللاصقة (UF يوريا فورم ألدهيد) والمادة المقسية (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> سلفات الأمونيوم).

قُورنت الصفات التكنولوجية لألواح الخشب الحبيبي المصنع من نواتج تقليم الصفورا اليابانية مقاومة انحناء ساكن (25.2 نيوتن/مم<sup>2</sup>) وامتصاص مائي (24 ساعة) (60.04%) وانتباج عرضي (24 ساعة) (6.94%) مع صفات الألواح المصنعة محلياً من بعض الأنواع الشجرية الأخرى، حيث حققت الألواح المصنعة من لسان الطير (نموذج حبيبات كبيرة، 10% يوريا فورم الدهيد، 2% مقسي) قيم مقاومة انحناء ساكن وامتصاص مائي (24 ساعة) وانتباج عرضي (24 ساعة) بمقدار 17.12 نيوتن/مم<sup>2</sup>، 92.3%، 16.09% على التوالي بينما حققت الألواح المصنعة من الأوكاليتوس (نموذج حبيبات كبيرة، 10% يوريا فورم الدهيد، 2% مقسي) قيم مقاومة انحناء ساكن وامتصاص مائي وانتباج عرضي بمقدار 20.75 نيوتن/مم<sup>2</sup>، 69.93%، 15.9% على التوالي و حازت الألواح المصنعة من خشب الكرمة (نموذج حبيبات كبيرة، 10% تانين فورم الدهيد، 2% مقسي) قيم مقاومة انحناء ساكن وامتصاص مائي وانتباج عرضي بمقدار 20.57 نيوتن/مم<sup>2</sup>، 68.93%، 15.88% على التوالي، حيث تفوقت ألواح الصفورا اليابانية على ألواح لسان الطير في خاصية الانحناء الساكن والامتصاص المائي (24 ساعة) والانتباج العرضي (24 ساعة) بمقدار 8.08%، 32.26%، 9.15% على التوالي، بينما تفوقت ألواح الصفورا اليابانية على ألواح الأوكاليتوس في خاصية الانحناء الساكن والامتصاص المائي (24 ساعة) والانتباج العرضي (24 ساعة) بمقدار 4.45%، 9.89%، 8.96% على التوالي، كما حققت ألواح الصفورا اليابانية تفوقاً في خاصية الانحناء الساكن والامتصاص المائي (24 ساعة) والانتباج العرضي (24 ساعة) على ألواح الكرمة بمقدار 4.63%، 8.89%، 8.94% على التوالي، ويوضح الشكل البياني رقم 3 ذلك (العبود، 2012؛ أبو سعيد، 2013؛ نعمان، 2014).



الشكل البياني رقم 3. تفوق الصفات التكنولوجية لألواح الصفورا اليابانية على الأنواع الأخرى

8.3. حساب الجدوى الاقتصادية لتصنيع ألواح الخشب الحبيبي من مخلفات تقليم الصفورا اليابانية :  
**Feasibility Calculation of Particleboard manufactured from *Sophora japonica* L. tree pruning waste**



الشكل البياني رقم 4. المراحل الأساسية لدراسة الجدوى الاقتصادية للتصنيع.

-طبق اختبار المحتوى الرطوبي على نواتج تقليم عدة أشجار من الصفورا اليابانية بهدف معرفة المحتوى الرطوبي

لكل نواتج التقليم، ومن ثم حساب وزنها الجاف (الشكل رقم 32)، (الجدول رقم 10).



الشكل رقم 32. إخضاع نواتج التقليم لاختبار المحتوى الرطوبة Moisture conten .

الجدول رقم 10. قيم المحتوى الرطوبي Moisture content لنواتج تقليم أشجار الصفورا اليابانية *Sophora japonica L* (بعد فقد الخشب للماء الحر)

| رقم العينة | الوزن الرطب (غ) | الوزن الجاف (غ) | المحتوى الرطوبي (%) |                |
|------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------|
| 1          | 31.3            | 22.2            | 40.9                | الشجرة الأولى  |
| 2          | 29.3            | 20.2            | 44.5                |                |
| 3          | 33.0            | 23.4            | 41.6                |                |
| 1          | 31.3            | 22.5            | 38.9                | الشجرة الثانية |
| 2          | 27.8            | 20.2            | 37.5                |                |
| 3          | 34.2            | 24.7            | 38.2                |                |
| 1          | 35.6            | 25.4            | 39.9                | الشجرة الثالثة |
| 2          | 31.5            | 22              | 43.2                |                |
| 3          | 35.8            | 26.9            | 33.2                |                |
| المتوسط    |                 | .               | 39.7                |                |

وفقاً للجدول رقم 10 تبين أن نسبة الرطوبة تساوي 39.7%، أي ما يعادل 25.8 كغ (65×0.397 كغ) من الوزن الرطب لنواتج تقليم شجرة واحدة.

### حساب العائدية الاقتصادية لعملية التصنيع تبعاً لدورة القطع : (نعمان، 2014)

يُقدر عدد أشجار الصفورا اليابانية في محافظتي دمشق وريف دمشق لغاية 2013 بـ 29000 شجرة (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2018).

1. نتج عن شجرة الصفورا اليابانية خلال عملية التقليم المطبقة على الأشجار المدروسة 65 كغ /شجرة وزناً رطباً من مخلفات التقليم بشكل وسطي (الشكل رقم 32)، ويبين الجدول رقم 10 قيم المحتوى الرطوبي لنواتج التقليم.
2. الوزن الجاف لمخلفات تقليم الشجرة الواحدة = الوزن الرطب لمخلفات تقليم الشجرة - المحتوى الرطوبي (وزناً)  
- نحول المحتوى الرطوبي من نسبة مئوية إلى وزن كما يلي:

$$\frac{\text{الوزن الرطب} \times \text{نسبة المحتوى الرطوبة}}{100}$$

$$25.805 = 0.397 \times 65 = \frac{39.7 \times 65}{100}$$

- الوزن الجاف لمخلفات تقليم الشجرة الواحدة = 65 كغ - 25.8 كغ = 39.2 كغ

3. كمية مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية في سورية تبعاً لدورة القطع وسرعة نمو النوع هي:

عدد الأشجار × متوسط وزن مخلفات التقليم الناتجة عن الشجرة = 29000 × 39.2 = 1136800 كغ = 1136.8 طن في السنة.

4. عدد ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من 1 طن مخلفات تقليم هي 30 لوحاً (أبعاد اللوح 122×244سم).

5. عدد ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية المزروعة في سورية هي:

مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية المزروعة في سورية طناً × 30 = 30 × 1136.8 = 34104 لوح/سنة.

6. تكلفة إنتاج اللوح الواحد من الخشب الحبيبي لا تتعدى 35000 ليرة سورية تبعاً لاحصائيات المعامل السورية (

الجدول رقم 11).

الجدول رقم 11. تكاليف عملية التصنيع بشكل تقديري.

| نوع التكلفة       | النسبة المئوية للتكلفة | قيمة التكلفة نقدياً لتشكيل لوح واحد (ل.س) | قيمة التكلفة نقدياً لتشكيل الألواح كافة (ل.س) |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| المواد الكيماوية  | 30%                    | 10500                                     | 358092000                                     |
| أجور العمال       | 10%                    | 3500                                      | 119364000                                     |
| تكاليف النقل      | 30%                    | 10500                                     | 358092000                                     |
| الطاقة الكهربائية | 30%                    | 10500                                     | 358092000                                     |
| المجموع           | 100%                   | 35000                                     | 1193640000                                    |

7. تكلفة إنتاج ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية المزروعة في سورية

هي: عدد ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية في سورية

$$\times 35000 = 34104 \times 35000 = 1193640000 \text{ ليرة سورية.}$$

8. سعر بيع اللوح الواحد 75000 ليرة سورية.

9. سعر بيع ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية المزروعة في سورية

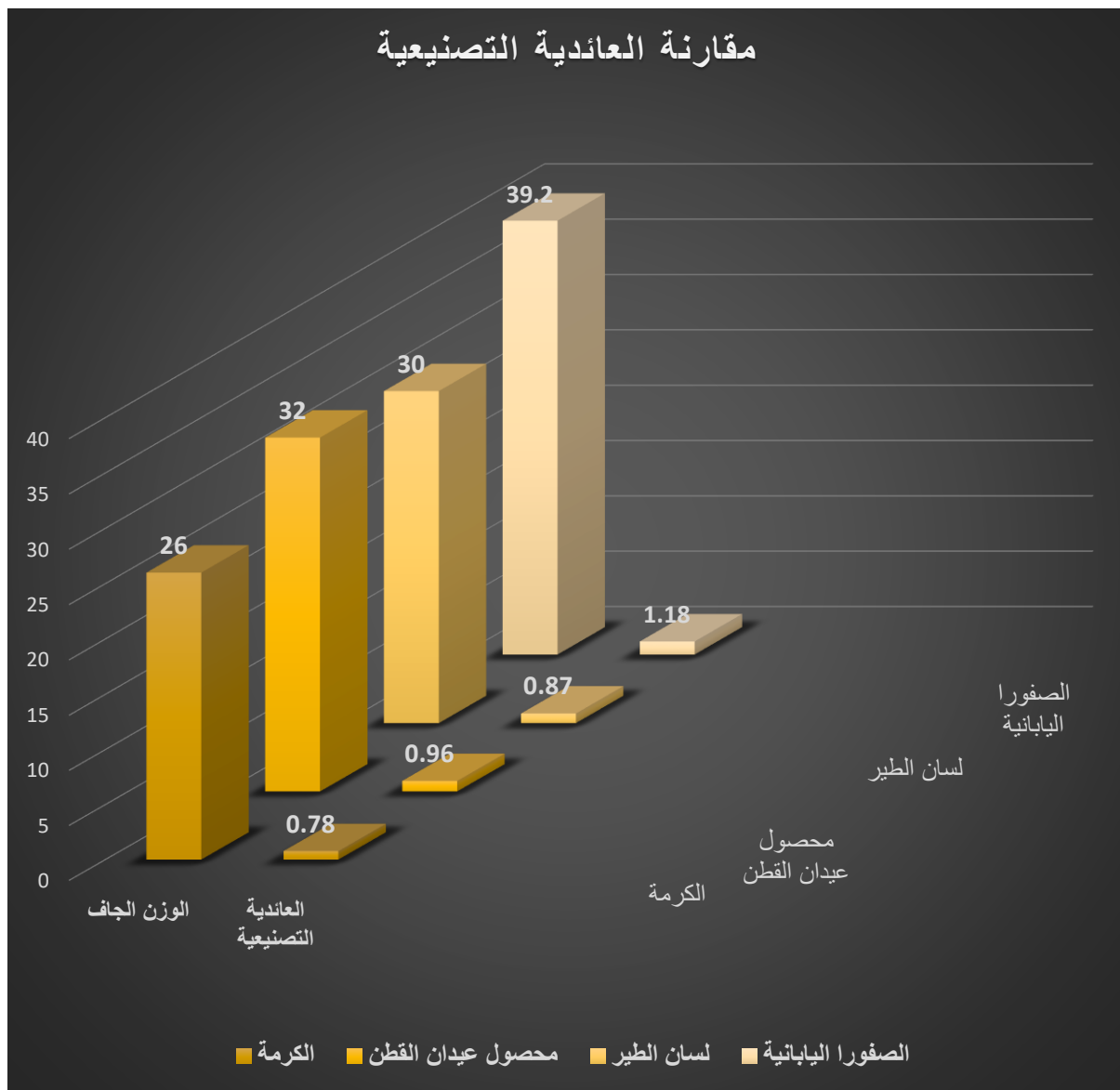
هي: عدد ألواح الخشب الحبيبي التي يمكن تصنيعها من مخلفات تقليم أشجار الصفورا اليابانية في سورية  $\times$

$$75000 = 34104 \times 75000 = 2557800000 \text{ ليرة سورية.}$$

10. مقدار الربح السنوي = سعر بيع ألواح الخشب الحبيبي - تكلفة إنتاج ألواح الخشب الحبيبي =  $2557800000 -$

$$1193640000 = 1364160000 \text{ ليرة سورية} = 1,36 \text{ مليار ليرة سورية.}$$

11. يحتاج تصنيع اللوح الواحد وسطياً 33 كغ من الحبيبات الخشبية الجافة، تعطي مخلفات تقليم شجرة الصفورا اليابانية الواحدة 39.2 كغ من الحبيبات الخشبية الجافة أي 1.18 لوح، بينما تعطي مخلفات تقليم شجرة الكرمة 26 كغ من الحبيبات الخشبية الجافة أي 0.78 لوح (نعمان، 2014)، أما مخلفات محصول القطن (مساحة العينة 100 م<sup>2</sup>) تعطي 32 كغ من الحبيبات الخشبية الجافة أي 0.96 لوح (عباس، 2009)، وينتج عن تقليم شجرة لسان الطير 29 كغ من الحبيبات الخشبية الجافة أي 0.87 لوح (أبو سعيد، 2013)، وبالمقارنة نجد أن شجرة الصفورا اليابانية تحقق عائدية تصنيعية أكبر (الشكل البياني رقم 5).



الشكل البياني رقم 5.العائدية التصنيعية للصفورا اليابانية مقارنة بأنواع أخرى.

## الخاتمة:

- تم في هذا البحث محاكاة طريقة مراكز بحوث الأخشاب الأوروبية المعتمدة في تصنيع ألواح الخشب الحبيبي Particleboard، إذ جُمعت نواتج التقليم وحُولت لحبيبات خشبية بأبعاد محددة ثم خضعت للتجفيف والتغرية بالنسب المطلوبة، إذ خضعت الألواح الناتجة لاختبارات الكفاءة الفيزيائية والميكانيكية، وتمت دراسة تأثير حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة ونسبة المادة المقسية للغراء الحراري في الخصائص التكنولوجية للألواح الخشبية المُصنعة، إذ حققت الزيادة في حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة من 8 % إلى 10 % ونسبة المادة المقسية من 1 % إلى 2 % نتائج أكثر إيجابية، وتمت مقارنة النتائج بقيم المعيار الصناعي الأوروبي للقيم المقبولة EN .

## الاستنتاجات:

- حققت نتائج الدراسة فروقاً ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة 0.05 لتأثير نسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية وحجم الحبيبات الخشبية في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لنماذج الألواح المصنعة، وذلك في اختبار الكثافة واختبار المحتوى الرطوبي واختبار امتصاص المادة الخشبية للماء واختبار الانتباج العرضي في سماكة الألواح واختبار مقاومة الانحناء الساكن.
- كانت نتائج المحتوى الرطوبي للنماذج المصنعة ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (5-10%) (EN 322، إذ حققت المعاملة رقم 5 (حبيبات صغيرة، 8% لاصق، 1% مقسٍ) أقل محتوى رطوبي؛ ويعمل ذلك بوجود تناسب عكسي بين المحتوى الرطوبي وكل من حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية.
- كانت نتائج كثافة النماذج المصنعة ضمن المجال المعياري الأوروبي لقيم الكثافة المتوسطة (0.64-0.8 غ/سم<sup>3</sup>) EN-323، فقد حازت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10 % لاصق، 2 % مقسٍ) على أعلى قيمة للكثافة؛

ويعمل ذلك بوجود علاقة تناسب طردي بين الكثافة وكل من حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية.

- لوحظ أن نتائج امتصاص المادة الخشبية للماء (2سا) للنماذج المصنعة حققت تفوقاً على المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (60-65%) EN-52351، إذ حققت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10 % لاصق، 2% مُقَسَّ) تفوقاً بمقدار 24.1%، ويعمل ذلك بوجود تناسب عكسي بين صفة الامتصاص وكل من من حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية فضلاً عن غنى الصفورا اليابانية بالمستخلصات الفينولية الثانوية.
- أما نتائج امتصاص المادة الخشبية للماء (24سا) للنماذج المصنعة، فحققت تفوقاً على المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (90-100%) EN-52351، إذ حققت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مُقَسَّ) والمعاملة رقم 8 (حبيبات صغيرة، 10% لاصق، 2% مقسي) تفوقاً بمقدار 41.13 %، 39.5 % على التوالي، ويعمل ذلك بوجود تناسب عكسي بين صفة الامتصاص وكل من من حجم الحبيبات الخشبية، ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية فضلاً عن غنى الصفورا اليابانية بالمستخلصات الثانوية.
- حققت نتائج الانتاج العرضي (2سا) للنماذج المصنعة تفوقاً على المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (10-13%) EN317، إذ حققت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مُقَسَّ) والمعاملة رقم 8 (حبيبات صغيرة، 10% لاصق، 2% مقسي) تفوقاً بمقدار 8.907 %، 8.897 % على التوالي، ويعمل ذلك بوجود تناسب عكسي بين صفة الانتاج العرضي وكل من حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية فضلاً عن غنى الصفورا اليابانية بالمستخلصات الثانوية.
- حققت نتائج الانتاج العرضي (24سا) للنماذج المصنعة، تفوقاً على المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (14-16%) EN317، إذ حققت المعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقسي) تفوقاً بمقدار 8.677 %، ويعمل ذلك بوجود تناسب عكسي بين صفة الانتاج العرضي وكل من حجم الحبيبات الخشبية ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية فضلاً عن غنى الصفورا اليابانية بالمستخلصات الثانوية.

- كانت أغلب النتائج لمقاومة الانحناء الساكن للنماذج المصنعة ضمن المجال المعياري الأوروبي للقيم المقبولة (16-20%) EN-310، وتوفقت المعاملات كافة على المعيار الأوروبي إذ حققت المعاملة رقم 3 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 1% مقس) والمعاملة رقم 4 (حبيبات كبيرة، 10% لاصق، 2% مقس) تفوقاً بمقدار 4.2 %، 5.25% على التوالي، ويعلل ذلك بوجود تناسب طردي بين صفة مقاومة الانحناء الساكن وكل من حجم الحبيبات الخشبية، ونسبة المادة اللاصقة والمادة المقسية.
- وجدت علاقة ارتباطية بين غنى النوع بالمواد الفينولية، وتحسن المواصفات التكنولوجية للألواح المصنعة.
- حققت النماذج اللوحية المصنعة قيمة اقتصادية مضافة، وذلك لتمييزها باللون الذهبي الفريد الذي يجعلها مناسبة جداً للإنشاءات الداخلية للمنشآت ويوفر تكاليف تلييس الألواح بطبقة فورميكا باهظة الثمن.

### **التوصيات والمقترحات: Recommendations and suggestion**

- (1) نوصي باستخدام نماذج ألواح الخشب الحبيبي المصنعة من نواتج تقليم الصفورا اليابانية في تصنيع الموبيليا، وفي الإنشاءات الداخلية للصالات والمدرجات، و في الإنشاءات الهندسية الداخلية، وفي العزل الحراري والصوتي نظراً لمقاومتها النسبية لامتصاص الماء والانتباج العرضي ولتمييزها بمقاومة عالية للانحناء الساكن، إضافة لتمتعها بعنصر الجمال الشكلي واللوني.
- (2) نقترح استخدام كافة نواتج التقليم من الأنواع الشجرية المختلفة في تصنيع ألواح الخشب الحبيبي .
- (3) نقترح دراسة تأثير إصدار غاز فورم ألدهيد من ألواح الخشب الحبيبي المصنعة من نواتج تقليم الصفورا اليابانية لمعرفة مدى ملائمة الألواح للاستخدامات الداخلية والعمل على استخدام أنواع أخرى من اللواصق.

الجدول رقم 12. مختصرات\_ مصطلحات.

|                                                                             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| مادة لاصقة-يوريا فورم الدهيد                                                | <b>UF</b>   |
| مادة لاصقة ذات المنشأ البترولي, Polymeric<br>methyl de phenyl di isocyanate | <b>PMDI</b> |
| المعيار الصناعي الأوروبي لنتائج اختبارات الخشب الحبيبي                      | <b>EN</b>   |
| مادة لاصقة طبيعية (تانين فورم الدهيد)                                       | <b>TF</b>   |
| خشب ليفي متوسط الكثافة                                                      | <b>MDF</b>  |
| خشب حبيبي منخفض الكثافة                                                     | <b>LD</b>   |
| خشب حبيبي عالي الكثافة                                                      | <b>HD</b>   |

## ملحق الصور



الشكل رقم 33. التقليم باستخدام المنشار الكهربائي وترتيب الأفرع بشكل متصالب



الشكل رقم 34. تحديد أبعاد الأفرع وقياس رطوبة الحبيبات بعد الفرز



الشكل رقم 35. تنخيل الحبيبات الخشبية وفرزها لحجمين.



الشكل رقم 36. إعداد العينات الخاصة بالاختبارات الفيزيائية والميكانيكية.



الشكل رقم 37. التوزيع المتجانس للحبيبات الخشبية ضمن القالب الخشبي.



الشكل رقم 38. تجفيف العينات الخشبية بعد المعاملة المائية في الأحواض



الشكل رقم 39. تحديد البعد بين الركيبتين في اختبار الانحناء الساكن.



الشكل رقم 40. ترميز العينات الخاصة باختباري الامتصاص والانتباج.

## المراجع References:

### المراجع العربية:

1. أبو سعيد، ربا. (2013). إمكانية صناعة الخشب الحبيبي من خشب لسان الطير ودراسة مواصفاته الفيزيائية والميكانيكية. ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 83.
2. قنديل، عزت، وأبو حسن، عطا الله. (1993). تقنية الأخشاب. ط: 1. الرياض: السعودية. جامعة الملك سعود. ص: 271.
3. حميد، محمود. (2005). إمكانية الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات صناعة الزيتون. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مج: 21. عدد: 2. ص-ص: 113-124. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
4. الخوري، أكرم، وجيرودية، أحمد. (1995). الحراج والمشاتل الحراجية. دمشق: سورية. جامعة دمشق. ص: 298.
5. الدوه جي، زياد. (2012). إمكانية تصنيع الخشب الليفي متوسط الكثافة من بعض مخلفات صناعة زيت القطن وتحديد خصائصه الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية. دكتوراه. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 147.
6. سعادات، علي. (2014). دراسة أثر توزع المستخلصات الخشبية في أشجار الأوكالبتوس النامية في مشجر تل الجابية في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لألواح الحبيبات الخشبية المصنعة منها. دكتوراه. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 145.
7. عباس هناء، 2009، دراسة كمية و اقتصادية لاستخدام مخلفات محصول القطن كمادة أولية لصناعة الخشب المضغوط والخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF، مشروع تخرج ، كلية الزراعة ، جامعة دمشق .
8. صالح، غادة، ناضرين، عبد الوهاب. (2011، الخريف). التحليل البنائي والوصفي لتصميم الأثاث في ظل مدارس التصميم الحديثة. مجلة بحوث التربية النوعية. مج: 2011. عدد: 23. ص-ص: 1207-1229. المنصورة: مصر. جامعة المنصورة.

9. صفي الدين، أحمد. (2021). توظيف التكنولوجيا العالية في إعادة استخدام المخلفات الناتجة عن عمليات تصنيع الأخشاب بناءً على أسس الاستدامة. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية. مج: 6. عدد: 27. ص-ص: 160-175. بني سويف: مصر. جامعة بني سويف.
10. العبود، نسرین. (2012). إمكانية صناعة الخشب الحبيبي قليل الكثافة من خشب الأوكاليتوس ودراسة مواصفاته الفيزيائية والميكانيكية. ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 94.
11. كعكه، ميساء. (2003). الخصائص التكنولوجية لخشب الكستناء الحلوة (Castanea sativa mill) في وادي النضارة لاستخدامه في الصناعات الخشبية. ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 95.
12. مديرية الإحصاء والتخطيط. (2018). المجموعة الإحصائية الزراعية. دمشق: سورية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. ص: 469.
13. موصلي، إحسان. (2016). دراسة مقارنة الخواص الفيزيائية للخشب المضغوط المصنع من مخاريط الصنوبر وبقايا تقليم أشجار الأزدخت. مجلة جامعة البعث. مج: 38. عدد: 12. ص-ص: 93-108. حمص: سورية. جامعة البعث.
14. نحال، إبراهيم. (1985). تقويم تجارب الأوكاليتوس في الشرق الأدنى وشمال إفريقيا. مجلة بحوث جامعة حلب. عدد: 7. ص-ص: 9-25. حلب: سورية. جامعة حلب.
15. النجار، لطيف. (1980). استثمار منتجات الغابات. الموصل: العراق. جامعة الموصل. ص: 192.
16. نعمان، أحمد. (2014). إمكانية تصنيع المادة اللاصقة تانين فورم ألدهيد من مستخلص قشور الرمان واستخدامها في صناعة الخشب الحبيبي من مخلفات تقليم الكرمة كمنتج صديق للبيئة. دكتوراه. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 108.

## المراجع الأجنبية:

17. Bramryd, T., Ronnols . E, and Hameed. M. (2020).Particeboard based on wood waste material and bonded by leftover cakes of rape oil. part1 :the mechanical and physical properties, part2: the extractable formaldehyde content and formaldehyde release of particle board. **Holztechnologie**. 61 (3): 11-18. United kingdom. Nordvastra Skanes Renhallnings AB.
18. Deppe, H., and Ernst.J. (1992) .**Tachenbuch der Spanplattentechnik** .Munich: Deutschland. DRW-Verlag Leinfelden Echterdingen. p: 283.
19. DIN. (1999 ). **taschenbuch ueber Holz**. Berlin: Germany. Beth-verlag GMBH. p:429.
20. FAO.(1997).**Iraq Wood utilizationand development of the wood industry Techn.** . Rome: Italy. MERIC. p:518.
21. FAO.(2010).**Year book Forest Products**. Rome: Italy. La Librairie Internationale. p:243.
22. FAO.(2017).**Year book Forest Products**. Rome: Italy. La Librairie Internationale. p: 416.
23. Hameed, M., E. Ronnols, and T. Bramrydis. (2018). Particeboard based on wood waste material and bonded by hybrid resin of TF and PMDI.part1: the mechanical-and physical properties of particle board board, part 2: the extractable formaldehyde content and formaldehyde release of a combination of TF-, PMDI bonded particle board from wood waste.**Holztechnologie**. 59(4): 24-32. United kingdom. Nordvastra Skanes Renhallnings AB.
24. Hameed, M. (2000). **zum verhalten von spaenen-und kernholz obligatorisch verkernter baumarten gegenueber synthetischen bindemitteln**. Dissertationder Georg-August. universitaet Goettingen.Frankfurt:Germany.p:120.
25. Hegazy, S., and Ibrahim . MA. (2010). Suitability of some Fast-Growing Trees and Date Palme Fronds for Particleboard Production. **Forest Products Journal**. 60(7): 599-604.
26. John, G., Jim.L, and Shmulsky. R. (2003). **Forest products and wood science**. The Iowa state:U.S.A. Black well publishing professional. p:558.
27. Kohta, M., Susumu.N, and Shiehiko.S . (2002). Effect of particle shape on linear expansion of particleboard. **Journal of Wood Science**. 48(3):185 -190.

28. Lelis, R., Roffael, E. and Becker, G. (1993). Zum Verhalten von Splint- und Kernholz der Kiefer bei der Verleimung mit Harnstoff-Formaldehydharzen und Diisocyanat. **Holz-zentralblatt**. 7(1): 120-121. Frankfurt: Germany. Springer-verlag.
29. Lelis, R., and Roffael, E. (1995, 1, 2). Über die Reaktivität von Douglasien-Splint- und Kernholz und deren Heißwasserextrakte gegenüber. **Holz als Roh- und Werkstoff**. 53(1): 12-16. Frankfurt: Germany. Springer-verlag.
30. Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., and Anthony, S. (2009). **tree reference and selection guide**. Kenya: Nairobi. World Agroforestry center. p: 105.
31. Rahman, M., Asaduzzaman, M., Rahman, M., Das, A., and Biswas, S. (2014). Physical and mechanical properties of ghora neem (Melia azedarach) Plywood. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**. 49(1): 47-52.
32. Ragil, W., Jianying, X., Kenji, U., and Shuichi, K. (2005). Manufacture and properties of binderless particleboard from bagass I: effects of raw material type, storage methods, and manufacturing process. **The Japan Wood Research Society**. 51(1): 648-654.
33. Roffael, E. (1982). Untersuchungen über den Einfluß von Rohdichte, Bindemittelaufwand und Spanbeschaffenheit auf das Sorptionsverhalten und die Dickenquellung von Holzspanplatten. **Holz als Roh- und Werkstoff**. 40(9): 339-344.
34. Roffael, E. (1993). Formaldehyde Release from Particleboards and other Wood Based Panels. **Holz als Roh- und Werkstoff**. 51(3): 167-176.
35. Ronnols, M., Brämred, T., and Hameed, M. (2019). Particleboard based on wood waste material and bonded by animal's albumin-protein resin. **Wood Technol**. 59(5): 26-34.
36. Singh, S. P., J. Singh, and S. Rawat. (2001). Particle Boards from Melia azedarach (Bakini). **Journal timber development association of india**. 47: 6-9.
37. Utsumi, U., Murata, K., Umemura, K., Yoshimura, T., Hattori, K., and Nakamura, M. (2019). Mechanical Properties and Biological Performance of Particle Board Made of Sendan (Melia azedarach). **Journal BioResources.com**. 14(2): 4100-4109.

38. Wong, E., Zhang. M, and Kawai. S.(1999,september). Formation of the density profile and its effects on the properties of particleboard. **Wood Science and Technology**.33: 327-340.Kyoto: Japan. Kyoto University.

## Abstract

The research was conducted in the laboratories of the Faculty of Agricultural Engineering and laboratories of biotechnology in Damascus during 2020-2021, Pruning waste *Sophora japonica* L were used in the manufacture of eight models of particleboard

Different in size of wood Particle (large , Small) , ratio adhesive used (8%,10%UF-resin) and ratio harder used (1%,2%{(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>} ) ,where the tests results were compared (physical, mechanical)with European standard for each test ,then the technological (physical, mechanical) specifications of these models were studied .

The results are as follows:

- All results of physical (Moisture content, Density, Water absorption 2-24h, Cross-swilling 2-24h) and mechanical (Binding -Stati) tests fall within the range of European standards for acceptable values EN.
- Model No.4( large Particle,10%UF-resin, 2% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) in the Water absorption 2-24h property, Cross-swilling 2-24h property and Binding -Stati cproperty outperformed the European standard domain by its values 24.1%, 41.13%, 8.907%, 8.677%, 5.25% Respectively.
- Water absorption 2-24 h and Cross-swilling 2-24 h property are inversely proportional to the increase in wood chips size and the amount of chemicals added (UF-resin, Ammonium sulphate).
- The Moisture content, the density, and the property are directly proportional to the increase in wood chips size and the amount of chemicals added (UF-resin, Ammonium sulphate).

### Key words:

*Sophora japonica* L, Particleboard, adhesive, appropriate harder, Particle wood



Syrian Arab Republic  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
Damascus University  
Faculty of Agriculture  
Department of Renewable Natural Resources and Ecology

**Producing of Particleboard from prune *Sophora japonica* L. and  
Determination of its physical and mechanical Properties**

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of  
Master in Agricultural Sciences Specializing in forestry and Environment**

**by  
Haidar noor Al deen Hasan**

**Supervisors**

**Dr. Fathe Bagdagi**

Scientific Supervisor

Renewable Natural Resources and the Environment

Faculty of Agricultur- Damascus University

**Dr.solafa slma**

assistant Supervisor

Forestry and Environment

Faculty of Agriculture-Tishreen University

**2021**