ISSN: 2663-5798 || Arab Journal for Scientific Publishing

الإصدار السابع – العدد الرابع والسبعون
تاريخ الإصدار: 2 – كانون الأول – 2024م
www.ajsp.net

"ابتكار مادة مستدامة لطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام نوى التمر"

إعداد الباحثة:

منى عمر باوزير

قسم تصميم الأزياء / كلية التصاميم والفنون / جامعة جدة / المملكة العربية السعودية

إشراف:

أ.د. حنان بخاري

قسم تصميم الأزياء / كلية التصاميم والفنون / جامعة جدة / المملكة العربية السعودية

1446هـ / 2024م

https://doi.org/10.36571/ajsp7425

AJSP
المجلة العربية للنشر العلمي
ISSN: 2663-5798 || Arab Journal for Scientific Publishing
الإصدار السابع – العدد الرابع والسبعون
تاريخ الإصدار: 2 – كانون الأول – 2024م
www.ajsp.net

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تقديم حلول مبتكرة لصناعة الأزياء من خلال تطوير خيط طباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام نوى التمر، حيث ظهرت مشكلة البحث في التساؤل عن إمكانية ابتكار خيط لطابعة ثلاثية الأبعاد من نوى التمر يمكن استخدامه في صناعة الأزياء. تكمن أهمية البحث في استغلال وفرة نوى التمر بالمملكة العربية السعودية لإنتاج مادة مبتكرة وصديقة للبيئة، وتعزيز إعادة تدوير المخلفات الزراعية، وتم اتباع المنهج الوصفي والإجرائي، حيث أظهرت النتائج أن المادة المبتكرة، التي تمزج بين PLA ونوى التمر متانة ومرونة عالية للخيط، وجاءت عينة نمط خلية النحل بنسبة تعبئة 15% كفاءته في تحقيق التوازن بين استهلاك المواد، والمرونة، وسلامة الهيكل، مما يجعله مناسبًا لتطبيقات الأزياء مثل الاكسسوارات والأحذية. وتدعم هذه النتائج رؤية المملكة 2030 باستغلال موارد محلية وتقليل النفايات الزراعية، مع تعزيز الابتكار في استخدام مواد طبيعية من البيئة المحلية، ويوصي البحث بإمكانية استخدام المادة المبتكرة في صناعات أخرى، لتعزيز التكامل البيئي ودعم حلول الاستدامة في مختلف المجالات.

الكلمات المفتاحية: الاستدامة، صناعة الأزياء المستدامة، الطابعة ثلاثية الأبعاد.

المقدمة:

تُعد صناعة الأزياء والمنسوجات واحدة من أكثر القطاعات تأثيرًا واستهلاكًا للموارد الطبيعية، مما يفرض تحديات بيئية كبيرة نتيجة الإنتاج السريع ونفايات الأزياء المتزايدة، وفي مواجهة هذه التحديات، تبرز حركة الأزياء المستدامة كحل لتقليل النفايات، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتشجيع ممارسات إنتاج أكثر استدامة (Kutsenkova, 2017; Little, 2018)، ومن التقنيات التي تُحدث تحولًا في هذا القطاع، الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث توفر إنتاجًا مباشرًا من النماذج الرقمية، مما يقلل الهدر ويعزز الكفاءة البيئية، خاصةً مع استخدام تقنية النمذجة بالترسيب المنصهر (FDM) التي تمتاز بمرونتها وكفاءتها (Dip et al., 2020)، وتشير الأبحاث إلى إمكانية استخدام هذه التقنية في إنتاج أزياء قابلة للارتداء من خلال تحسين المواد المستخدمة لتحقيق متطلبات المرونة والتمدد (Kabir, Salahuddin & Lee, 2022).

علاوة على ذلك، أعادت الطابعة ثلاثية الأبعاد تشكيل صناعة الأزياء من خلال تقليل الحاجة إلى العينات المادية وتخفيف الفائض في المخزون، مما يقلل من الهدر، كما تسمح النماذج الأولية ثلاثية الأبعاد للمصممين بتحسين التصاميم رقمياً قبل الشروع في الإنتاج الفعلي، مما يساهم في تقليل استخدام المواد والمحافظة على البيئة (Goyal, Nisa Mustaffa Halabi, Halabi Azahari, Anuwar Mohamed Yusof & Garg, 2024).

في المملكة العربية السعودية، تُدعم هذه الاتجاهات من خلال رؤية 2030 التي تركز على تعزيز الابتكار والاستدامة، يُعد استغلال الموارد المحلية مثل نوى التمر خطوة ابتكارية، تنتج المملكة كميات كبيرة من نوى التمر، والتي تُعتبر نفايات زراعية يمكن تحويلها إلى موارد قيمة، على سبيل المثال، تم تسجيل 489 طنًا من نوى التمر خلال شهر رمضان المبارك (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، 2019). ومن هذا المنطلق يسعى هذا البحث إلى دمج نوى التمر كمادة لطباعة ثلاثية الأبعاد لتطوير منتجات مستدامة تدعم قطاع الأزياء، بما يتماشى مع مبادرة "مستقبل الأزياء" وأهداف رؤية 2030 (واس، 2021).

1.1. مشكلة البحث

تتلخص مشكلة البحث في التساؤل الآتي: –

هل يمكن ابتكار خيط طباعة لطابعة ثلاثية الأبعاد من نوى التمر يمكن استخدامه في صناعة الأزياء المستدامة؟

2.1. أهداف البحث

ابتكار مادة مستدامة واستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في صناعة الأزياء المستدامة.

3.1. أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في استغلال وفرة نوى التمر بالمملكة العربية السعودية لإنتاج مادة مبتكرة وصديقة للبيئة، مما يوفر فرصة علمية وعملية لإعادة تدوير المخلفات الزراعية واستخدامها صناعة الأزياء المستدامة، كما يسهم هذا البحث في تعزيز الاستفادة من الموارد المحلية، وتقليل النفايات، ودعم تحقيق مستهدفات رؤية 2030 في تطوير الصناعات المستدامة وتعزيز الابتكار في المجالات الإبداعية.

4.1. حدود البحث

الحدود الموضوعية: يقتصر البحث على استخدام نوى التمر كمادة طباعة للطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج أزياء مستدامة.

5.1. مصطلحات البحث

الاستدامة Sustainability

الاستدامة هي التنمية، التي تستجيب لاحتياجات الوضع الراهن، مع الأخذ في الحسبان الاحتياجات المطلوبة، من أجيال المستقبل، لتأمين متطلباتها (آل الشيخ، ٢٠٢٠).

تعرف الاستدامة اجرائياً، بأنها المحافظة على الثروات البيئية من الاستنزاف المفرط والدمار والفناء ومحاولة إبقاء الثروات البيئية في حالة تجدد دائم ومستمر مع استغلالها بأفضل شكل ممكن.

الأزياء المستدامة Sustainable Fashion

يمكن تعريفها بأنها الملابس والأحذية والإكسسوارات التي يتم تصنيعها وتسويقها واستخدامها بأكثر الطرق استدامة ممكنة، مع مراعاة الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية (Green Strategy, n.d).

تعرف الأزياء الاستدامة اجرائياً، بأنها الملابس والأحذية والإكسسوارات التي يراعى في إنتاجها وتسويقها واستخدامها جوانب الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي عملية يتم فيها تحويل النموذج الرقمي إلى كائن ملموس، وصلب، ثلاثي الأبعاد، عادة عن طريق وضع العديد من الطبقات الرقيقة المتتالية من مادة ما (GCFGlobal, n.d).

تعرف الطابعة ثلاثية الأبعاد اجرائياً، عملية يتم فيها الاستعانة الحاسب الآلي في تصميم نماذج رقمية وتحويلها إلى مادة ملموسة وصلبة، وثلاثية الأبعاد، عن طريق رص طبقات رقيقة متتالية فوق بعض من مادة ما.

2. الإطار النظري والدراسات السابقة:

1.2. مفهوم الاستدامة

في العقود الأخيرة، برزت الاستدامة كمفهوم أساسي يسعى إلى تحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الحاضر وضمان حقوق الأجيال القادمة في الموارد، وعرّفت اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية الاستدامة في تقرير "مستقبلنا المشترك" بأنها التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون التأثير على قدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها (Henninger, Alevizou, Goworek & Ryding, 2017)، حيث أن هذا المفهوم يعتمد على ثلاثة أبعاد مترابطة: البعد البيئي، الذي يركز على الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل التلوث؛ والبعد الاجتماعي، الذي يعزز العدالة الاجتماعية وحقوق الإنسان؛ والبعد الاقتصادي، الذي يهدف إلى تحقيق الجدوى المالية دون الإضرار بالبيئة أو المجتمع (Zhang, Zhang & Zhou, 2021)، وفي سياق صناعة الأزياء، تُعد الأزياء المستدامة نموذجًا متكاملًا يجمع بين المسؤولية البيئية، العدالة الاجتماعية، والكفاءة الاقتصادية، كما يسعى هذا النموذج إلى تقليل التأثير البيئي من خلال استخدام مواد قابلة للتحلل أو معاد تدويرها، مثل القطن العضوي والبوليستر المعاد تدويره (Fletcher, 2008)، علاوة على ذلك، تسهم الأزياء المستدامة في تبني الاقتصاد الدائري، من خلال إعادة استخدام المواد وإطالة دورة حياة الملابس (Claudio, 2007)، ومع تزايد الاهتمام العالمي بالحد من التأثيرات البيئية للأزياء السريعة، أصبحت الابتكارات في المواد المستدامة والتقنيات الحديثة مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد ضرورية لتحقيق هذه الأهداف.

2.2. الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة للاستدامة في الأزياء

تُعد الطباعة ثلاثية الأبعاد واحدة من التقنيات التي تُحدث تحولًا كبيرًا في صناعة الأزياء من خلال تعزيز الكفاءة وتقليل الهدر، حيث تعتمد هذه التقنية على إنتاج النماذج مباشرة من التصميمات الرقمية، مما يُلغي الحاجة إلى المراحل التقليدية المُكلفة بيئيًا مثل الحياكة والنسيج (Dip et al., 2020)، وتُعتبر تقنية النمذجة بالترسيب المنصهر (FDM) الأكثر شيوعًا، حيث توفر مرونة عالية وكفاءة في استهلاك المواد الخام (Kabir et al., 2022)، كما تشير الأبحاث إلى أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تتيح تقليل الحاجة إلى العينات المادية وتخفيف الفائض في المخزون، مما يقلل من الهدر البيئي الناتج عن عمليات الإنتاج التقليدية، كما تسمح النماذج الأولية الرقمية بتحسين التصميمات قبل الإنتاج الفعلي، مما يقلل من استخدام الموارد (Goyal et al., 2024)، ومع تطوير المواد المستخدمة، مثل البولي لاكتيك أسيد PLA، أصبح بالإمكان تحقيق خصائص ميكانيكية مناسبة لتطبيقات الأزياء المستدامة، بما في ذلك الملابس والإكسسوارات (Eryildiz, 2021).

3.2. إمكانات استخدام نوى التمر في الطباعة ثلاثية الأبعاد

تُنتج المملكة كميات هائلة من نوى التمر سنويًا، خاصة خلال مواسم الحج والعمرة، حيث سجلت تقارير جمع النفايات 489 طنًا من نوى التمر في شهر رمضان المبارك (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، 2019)، كما تُظهر الدراسات أن نوى التمر يحتوي على مركبات كيميائية وخصائص ميكانيكية تجعلها مادة واعدة للتطبيقات الصناعية، بما في ذلك الطباعة ثلاثية الأبعاد، وأشارت دراسة (Najafi, 2011) أهمية تحويل نوى التمر إلى مورد اقتصادي من خلال معالجتها واستخدامها في صناعات مبتكرة، كما أوضحت دراسة (Alharbi, Raman & Shin, 2021) أن دمج نوى التمر مع مواد بوليمرية مثل PLA يمكن أن يُحسن من الخصائص الميكانيكية ويُسهم في تقليل النفايات الزراعية، وهذه الابتكارات لا تقتصر على تحقيق الاستدامة البيئية فحسب، بل تدعم الاقتصاد المحلي وتعزز من قيمة المنتجات المشتقة من الموارد الطبيعية.

4.2. الدراسات السابقة الداعمة لتطوير المواد المستدامة

استعرضت دراسة (Pakkanen, Manfredi, Minetola & Iuliano, 2017) إمكانات إضافة مواد طبيعية مثل السليلوز والخشب إلى PLA لتحسين خصائصه الميكانيكية، مشيرةً إلى أن هذا الدمج يُمكن أن يحقق توازنًا بين المتانة والقابلية للتحلل الحيوي، بينما تناولت دراسة (Anwajler, Zdybel & Tomaszewska–Ciosk, 2023) إمكانات استخدام بقايا المنتجات الزراعية لتحسين كفاءة المواد وتقليل التكاليف الاقتصادية والنفايات، أما دراسة (Polewka, Enz, Jennißen, Wirth & Hudson, 2023)، فقد ركزت على استخدام البلاستيك الحيوي في الطباعة ثلاثية الأبعاد لصناعة الأنسجة، مشيرةً إلى أن دمج المواد الطبيعية مع PLA يُمكن أن يدعم الاقتصاد الدائري ويقلل من التأثير البيئي، كذلك استعرضت دراسة (Amrita, Manoj & Panda, 2022) فوائد الخيوط القابلة للتحلل المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد، موضحةً الحاجة إلى تحسين خصائصها لتلبية متطلبات التطبيقات العملية.

بوجه عام، ورغم أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام النمذجة بالترسيب المنصهر(FDM) تعتمد بشكل أساسي على البوليمرات الحرارية غير القابلة للتحلل الحيوي لتلبية احتياجات القوة والمتانة، فإن هناك تحولاً ملحوظاً نحو اعتماد مواد مستدامة وصديقة للبيئة، ما يعكس هذا التحول وعياً متزايداً بتأثيرات البيئة، إذ إن تطوير خيارات حيوية قابلة لإعادة التدوير والتحلل الحيوي يُعد واعداً لتقليل البصمة البيئية للطباعة ثلاثية الأبعاد، وفي الوقت نفسه، يواصل الابتكار في مجال المواد السعي لتحقيق التوازن بين الأداء الفني والمسؤولية البيئية (Rett, Traore, & Ho, 2021).

5.2. أنماط التعبئة وتأثيرها على الخصائص الميكانيكية

تُظهر نتائج الدراسات أن نمط التعبئة المستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد يؤثر بشكل كبير على الخصائص الميكانيكية للمواد المطبوعة، حيث أكدت دراسة (Eryildiz, 2021) أن نمط خلية النحل يُعزز من قوة الشد ويوفر كفاءة في استهلاك المواد، مما يجعله مثاليًا لتطبيقات الأزياء القابلة للارتداء، كما أوضحت دراسة (Grechukhin, Habibulloev, Rudovsky & Rudkovskiy, 2021) أن الأنماط الهندسية مثل خلية النحل تُسهم في تحسين المرونة، مما يجعلها مناسبة للأزياء المستدامة.

3. الإطار التطبيقي

1.3.منهج البحث:

اعتمد البحث على المنهج الوصفي لمراجعة الأدبيات وفهم مفاهيم الأزياء المستدامة وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، ودمج المواد الطبيعية في تصميم الأزياء، كما اعتمد المنهج الإجرائي لاستكشاف استخدام خليط نوى التمر مع PLA كمادة للطابعة ثلاثية الأبعاد، من خلال تحضير مادة مبتكرة، واختبار خصائصها المعملية، وتطبيقها عملياً في تصميم عينات ذات هياكل متعددة تحاكي الأقمشة المستدامة.

2.3. أدوات البحث

1- مروحة صغيرة خارجية لتبريد الحشوة
2- ميزان لقياس كميات الخلط
3- أداة قياس سماكة الحشوة Calipers
4- مصفاة لتصفية مطحون نوى التمر
5- عدة صيانة (مفكات براغي، زرديات وغيرها)
6- طابعة ثلاثية الأبعاد Original Prusa i3 MK3S
7- جهاز استخراج الحشوة Felfil Evo – Filament Extruder
8- جهاز لف الحشوة Felfil Spooler
9- جهاز تجفيف الحشوة eBOX Lite
10- قلم طباعة MYNT3D
11- برنامج PrusaSlicer إصدار 2.6.1
12- برنامج Printrun: Pronterface إصدار 2.0.1
13- برنامج Adobe Illustrator إصدار V26
14- برنامج Blender إصدار 4.0

3.3. إجراءات البحث

١- دراسة مبادئ وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال المراجع المتخصصة.

٢- تحليل تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجالات مستدامة وصناعة الأزياء.

3- تحضير خيط الحشوة من خليط نوى التمر وPLA للطابعة ثلاثية الأبعاد.

4- اختبار الخواص الميكانيكية للمادة المبتكرة في المختبر.

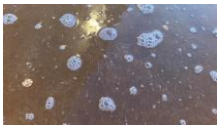
5- اختيار وتعديل نمط هيكلي مناسب باستخدام برنامج PrusaSlicer وطباعة العينات.

AJSP
المجلة العربية للنشر العلمي
ISSN: 2663-5798 || Arab Journal for Scientific Publishing
الإصدار السابع – العدد الرابع والسبعون
تاريخ الإصدار: 2 – كانون الأول – 2024م
www.ajsp.net

1.3.3. خطوات تحضير خليط نوى التمر

مرحلة تحضير نوى التمر

جدول (1): خطوات تحضير نوى التمر

الخطوات	شرح الخطوات	الصورة التوضيحية
الخطوة الأولى	تم شراء ما يقارب 100 كيلو من نوى التمر الخام من أنواع مختلفة من المزارع في المدينة المنورة، لاستخدامها في تحضير نوى التمر	
الخطوة الثانية	تنظيف نوى التمر في حوض كبير مملوء بالماء لإزالة بقايا التمر والأتربة الملتصقة بنواة.	
الخطوة الثالثة	فرد نوى التمر على الأرض وتركها لتجف تحت أشعة الشمس لعدة أيام لتأكد من جفافها بالكامل.	
الخطوة الرابعة	تحميص نوى التمر ليسهل طحنها في الطاحونة، وللحصول على مطحون نوى التمر.	–
الخطوة الخامسة	تصفية مطحون نوى التمر بمصفاة دقيقة للتخلص من الأجزاء الكبيرة والحصول على مسحوق ناعم جداً.	

تم استخراج مسحوق ناعم جداً ونقي من الشوائب جاهز للاستخدام للمرحلة التالية.

مرحلة تحضير خليط الحشوة

جدول (2): خطوات تحضير خليط الحشوة

الخطوات	شرح الخطوات	الصور التوضيحية
الخطوة الأولى	وزن كلاً من مادتي مسحوق نوى التمر ومادة عديد حمض اللبنيك PLA.	

ISSN: 2663-5798 || Arab Journal for Scientific Publishing

تم

الخطوة الثانية	خلط المواد عن طريق رج الوعاء لتأكد من التصاق مسحوق نوى التمر بحبيبات الـ PLA جيداً.	

الحصول على 1كلغم من خليط مادتي PLA ومسحوق نوى التمر بعد خلطها جيداً وذلك بالتصاق مسحوق نوى التمر بحبيبات الـ PLA، لتجهيزها للمرحلة التالية.

مرحلة استخراج الحشوة

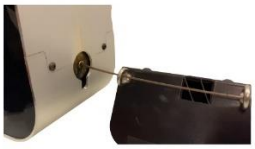
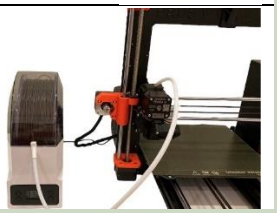
جدول (3) يوضح خطوات استخراج الحشوة.

جدول (3): خطوات استخراج الحشوة

الخطوات	شرح الخطوات	الملاحظات
الخطوة الاولى	تسخين جهاز استخراج الحشوة إلى درجة حرارة 190C وضبط سرعة التدفق على 9 Rpm.	–تم اختيار درجة الحرارة المناسبة تبعاً لمادة الـ PLA والتي تتراوح بين 180C – 230C. – سرعة التدفق تتراوح ما بين 3 –9 سير العملية.
الخطوة الثانية	وضع ما يعادل 100جم من مادة PLA الخام في جهاز استخراج الحشوة لتأكد من خلوه من أي مواد أخرى أو شوائب تؤثر على خليط الحشوة لاحقاً.	–ملمس المادة لين. –لون المادة الخالية من الشوائب شفافة بينما لونها يتغير إلى الرمادي عند وجود شوائب ومواد أخرى.
الخطوة الثالثة	بعد التأكد من خلو الجهاز من أي شوائب ومواد أخرى وخروج مادة الـ PLA الخام كلها، تم تعبئة الجهاز بمادة خليط PLA ومسحوق نواة التمر على دفعات.	–إضافة على دفعات صغيرة لتجنب انحشار المادة بداخل الجهاز.
الخطوة الرابعة	برم الحشوة من المادة المبتكرة يدوياً، وتبريدها عند خروجها من فوهة المصهر.	الاكتفاء بالمروحة الإضافية لتبريد.
الخطوة الخامسة	وزن خيط حشوة المادة المبتكرة، والتأكد من وصول الوزن المطلوب.	– تم وزن الكمية وكانت تقارب ال 700 جرام وهي أقل من المطلوب، مما يعني بأن هناك كمية من المادة اهدرت عند القيام بالتجارب السابقة، لذلك تم إضافة 300جم من خليط PLA ومسحوق نواة التمر للجهاز، ثم لف الحشوة المستخرجة يدوياً

		ووزنها مرة أخرى، حيث تم الاستغناء عن جهاز لف خيط الحشوة من المادة المبتكرة لتعطل الجهاز
الخطوة السادسة	تجفيف خيط حشوة المادة المبتكرة بعد لفها على البكرة في جهاز تجفيف الحشوة.	التأكد من جفافها لضمان خلوها من الرطوبة التي قد تؤثر على الطباعة لاحقاً.

جدول (4): الصور التوضيحية لخطوات استخراج الحشوة

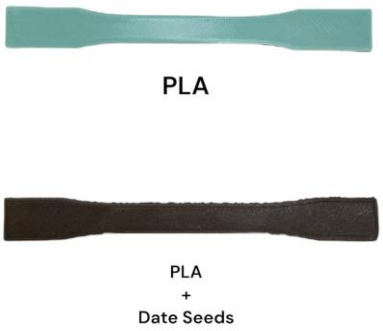
الخطوات	الصور التوضيحية
الخطوة الرابعة	
الخطوة الخامسة	
الخطوة السادسة	

2.3.3.اختبار المادة المبتكرة في المختبر:

تم عمل اختبار الشد Tensile Test للمادة المبتكرة حسب مواصفة (ISO 527-1)[1] لقياس قوة الشد، تم استخدام جهاز INSTRON طراز رقم 3369 (Table mounted material testing system) ولكل مادة تم طباعة أربع عينات Type-I بتعبئة 100% لكل مادة، شكل (1). تم طباعة عينات مادة خليط نوى التمر باستخدام طابعة Prusa I3 MK3S+ وطباعة عينات PLA باستخدام طابعة Creality طراز PLA Ender 3 S1 Pro، مع ملاحظة بأنه تم تصميم الشكل بما يتوافق مع مواصفة الاختبار.

1 www.iso.org Determination of tensile properties

شكل (1): صور ة توضيحية لعينات الاختبار Type-I



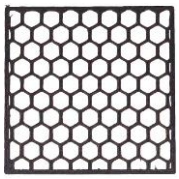
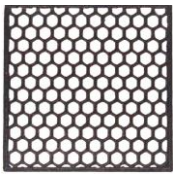
3.3.3. الطباعة باستخدام المادة المبتكرة

استناداً إلى نتائج الاختبارات المعملية لمادة خليط نوى التمر، تم اختيار ثلاثة أنماط هندسية رئيسية: الجيروويد (Gyriod) جدول (5)، وخلية النحل (Honeycomb) جدول (6)، والمثلثات (Triangles) جدول (7)، وذلك بأربع تعبئات مختلفة لتحديد الشكل والتعبئة الأمثل لاستخدامها كقماش. تم تعديل قالب جاهز لعينة القماش واستخدام برنامج PrusaSlicer للتحكم في تعبئة المادة والشكل المطلوب، ثم تم إرسال النموذج إلى برنامج Pronterface لتنفيذ عملية الطباعة .

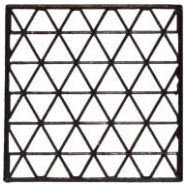
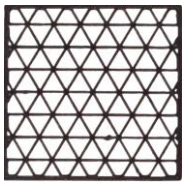
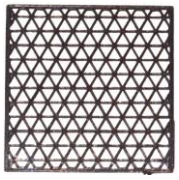
جدول (5): تصميم وطباعة عينات الأقمشة –جيروويد Gyroid

الترتيب	1	2	3	4
الصورة التوضيحية				
التعبئة	%15	%20	%30	%40

جدول (6): تصميم وطباعة عينات الأقمشة –خلية النحل Honeycomb

الترتيب	1	2	3	4
الصورة التوضيحية				
التعبئة	%15	%20	%30	%40

جدول (7): تصميم وطباعة عينات الأقمشة –المثلثات Triangles

الترتيب	1	2	3	4
الصورة التوضيحية				
التعبئة	%15	%20	%30	%40

4. النتائج

1.4. نتائج استخراج مادة نوى التمر

تم استخراج المادة المبتكرة بنجاح من خليط PLA ومسحوق نواة التمر على شكل خيط مرن، حيث يتصلب بسرعة بعد تبريده بالهواء فور خروجه من فوهة المصهر. يتميز الخيط بملمس ناعم وسلس، ولونه بني داكن، وله رائحة تشبه رائحة القهوة المحمصة. تبلغ سماكة الخيط حوالي 1.50 ملم، ويصل طوله إلى حوالي 335.3 متر لكل كيلوجرام، ونذكر بأن أثناء عملية لف الخيط على البكرة، كانت بعض الأجزاء الرقيقة منه تتكسر، مما استدعى استخدام أداة لحام لإعادة ربط الخيط وإكمال اللف.

2.4. نتائج عينات الاختبار المعملي

تم طباعة أربع عينات Type–I بتعبئة 100% لكل من مادة خليط نوى التمر ومادة PLA لقياس قوة الشد وكانت النتائج كالآتي:

جدول (8): نتائج قوة الشد لمادة الـ PLA وخليط نوى التمر

Material المادة	Average Tensile Strength (MPa, N=4) المتوسط الحسابي لقوة الشد	Std. Deviation (MPa) الانحراف المعياري
PLA	34,40	1.68
خليط نوى التمر	33,37	1.64

يظهر الجدول (8) النتائج متوسط قوة الشد لعينة PLA هي 34,40 ميجا باسكال، بينما متوسط قوة الشد لخليط نوى التمر هي 33,37 ميجا باسكال، كما بلغ الانحراف المعياري لعينة PLA 1.68 ميجا باسكال، في حين بلغ الانحراف المعياري لخليط نوى التمر 1,64 ميجا باسكال. وبذلك تشير هذه القيم إلى أن كلا المادتين أظهرتا أداءً متسقاً عبر العينات، حيث كان أداء خليط نوى التمر قريباً من PLA في قوة الشد، وعليه يمكن القول بأن مادة خليط نوى التمر مازالت تحتفظ بجزء كبير من قوة الشد لمادة الPLA ، وهذا يجعلها مادة بديلة قابلة للاستخدام لمادة الـ PLA والتي تعد بديل مستدام لها وبأنه يمكن للمواد المبتكرة من مواد حيوية بأن تتسم بمتانة ممتازة، مما يعني استخدامها في مجالات متعددة، وإتاحة فرصة أكبر للتطوير والابتكار في مجال صناعة الأزياء.

وأخيراً تشير هذه النتائج إلى أن خليط نوى التمر يمكنه تلبية المتطلبات الميكانيكية لمكونات الأزياء المطبوعة ثلاثية الأبعاد، مثل، إنتاج إكسسوارات مثل الأزرار والمشابك والحلي، وكذلك الملابس الهيكلية التي تتطلب متانة ودعامة، مثل الكورسيهات أو الملابس ذات الأجزاء المقواة، وأيضًا الأحذية التي تحتاج إلى مواد قوية لتحمل الإجهاد الميكانيكي الناتج عن المشي أو الحركة والتي تعد من الخصائص المهمة لضمان جودة المنتج وتحمله للاستخدام اليومي.

3.4. نتائج طباعة عينات الأقمشة باستخدام المادة المبتكرة

أظهر نمط الجيروويد بتعبئات تتراوح بين 15% و40% في جدول (5) إلى أن التعبئات الأعلى (30% و40%) توفر صلابة وقوة أكبر، ولكنها أقل ملاءمة للاستخدام في تصميم الأزياء القابلة للارتداء بسبب نقص المرونة وزيادة استهلاك المواد. على النقيض من ذلك، وفرت تعبئة 15%مرونة أفضل مع تقليل استهلاك المواد، مما يجعلها أكثر توافقاً مع ممارسات الاستدامة في تصميم الأزياء. ومع ذلك، فإن تعقيد نمط الجيروويد تسبب في بعض التحديات من حيث الطباعة، وخاصة عند التعبئات المنخفضة، مما قلل من جدواها العملية في تطبيقات الأزياء. أظهر نمط خلية النحل في جدول (6) توازناً ممتازاً بين كفاءة استهلاك المواد وسلامة الهيكل. عند تعبئة 15%، قدم النمط أفضل مرونة مع المحافظة على القوة الكافية، مما يجعله الخيار الأمثل لتطبيقات الأزياء القابلة للارتداء .كما أن هذه

التعبئة سمحت بتقليل استخدام المواد، مما يتوافق تماماً مع أهداف الاستدامة. أما التعبئات الأعلى، فقد قدمت قوة أكبر، ولكنها كانت أقل مرونة واستهلكت مادة أكثر، مما يجعلها أقل ملاءمة لتصاميم الأزياء المستدامة. أظهر نمط تعبئة المثلثات في جدول (7) دعماً هيكلياً قوياً عند التعبئات الأعلى (30% و40%)، ولكنه افتقر إلى المرونة المطلوبة للأزياء القابلة للارتداء. كما أن تعبئة 15%اتسمتب مرونة أفضل مشابهة لـ خلية النحل 15% ولكن هندسة المثلثات الحادة جعلت الهيكل عرضة للكسر، خاصة عند الحواف. وبالتالي، ورغم تقليل استهلاك المواد، فإن افتقار نمط المثلثات إلى المتانة مقارنةً بـ خلية النحل 15% جعله أقل ملاءمة لتطبيقات الأزياء المستدامة، وبناءً على النتائج السابقة، يُعد نمط خلية النحل 15% الخيار الأفضل لتطبيقات الأزياء المستدامة، حيث يوفر توازناً بين كفاءة استهلاك المواد، والمرونة، وسلامة الهيكل، أما نمط الجيروويد والمثلثات، فرغم فائدتهما في بعض التطبيقات الهيكلية، إلا أنهما لا يفيان بمتطلبات المرونة والموثوقية اللازمة للأزياء القابلة للارتداء، والمقصود بالموثوقية هو قدرة المادة المستخدمة في الأزياء القابلة للارتداء على التحمل والاستدامة على المدى الطويل دون أن تتعرض للتلف أو فقدان خصائصها الأساسية مثل القوة، المرونة، والراحة.

5. مناقشة النتائج

تم بنجاح ابتكار المادة الجديدة من خليط PLA و مسحوق نوى التمر على شكل خيط مرن، وأظهرت المادة المبتكرة ملمسًا ناعمًا وسماكة متناسقة حوالي1.50 ملم، ورغم أن عملية اللف في البداية شهدت بعض التحديات التقنية مثل انكسار الخيط وانسداد المسار أثناء الطباعة عند منطقة اللحام، إلا أن النتائج العامة كانت إيجابية، إذ أثبت خليط نوى التمر في الاختبار المعملي تفوقه من حيث القوة والمرونة مقارنة بمادة PLA، وخاصة عندما تكون المتانة والمرونة أمرًا أساسيًا، وكما هو موضح في الجدول (8)، بلغ متوسط قوة الشد لعينة 34.40PLA ميجا باسكال، بينما بلغ متوسط قوة الشد لخليط نوى التمر 33,37 ميجا باسكال، مع انحراف معياري قدره 1.68 ميجا باسكال لـ PLA و 1.64 ميجا باسكال لخليط نوى التمر، حيث تشير هذه النتائج إلى أن خليط نوى التمر احتفظ بـ 97,8% من قوة الشد لمادة PLA، وهذا ما يتماشى مع الدراسات السابقة التي تناولت مزايا المواد المضافة المستدامة، والتي اتفقت مع دراسة (Dip et al., 2020) ودراسة (Rett et al., 2021) ودراسة(Pakkanen, et al., 2017) على أنه يمكن أن يؤدي دمج المواد الطبيعية إلى تعزيز خصائص المواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد وخاصة البلاستيك الحيوي مثل PLA، مما يمكن أن يحافظ على خصائص الشد الأساسية، والذي يدعم تحقيق الاستدامة البيئية، وأيضاً اتفقت مع دراسة (Anwajler, et al., 2023) التي أكدت أن استخدام مواد مثل بقايا المنتجات الزراعية يمكن أن يقلل من التكاليف الاقتصادية والنفايات، كما تدعم دراسة (Amrita, Manoj & Panda, 2022) التي ركزت على أهمية تطوير مواد مركبة تجمع بين المتانة والاستدامة البيئية، حول أهمية تحسين الخليط لزيادة متانته وملاءمته للاستخدام العملي، حيث تدعم هذه الدراسات الاستنتاجات التي تم الوصول إليها في البحث بأن خليط نوى التمر يمثل بديلاً مستدامًا وقابلاً للاستخدام في صناعة الأزياء، وهو ما يعزز من فكرة استخدام نوى التمر كمادة حشو مبتكرة، واتفقت النتائج مع دراسة (Polewka, et al., 2023) التي أشارت إلى إمكانيات استخدام المواد الحيوية مثل PLA في إنتاج منسوجات مستدامة، وبناءً على نتائج الاختبار تم الانتقال لمرحلة الطباعة باستخدام الحشوة بتصميم الهياكل المناسبة لاستخدامها كعينات والتي أظهرت النتائج بأن نمط خلية النحل بنسبة تعبئة 15% فعاليته الأكبر في الموازنة بين استهلاك المواد، والمرونة، وسلامة الهيكل وهذا ما اتفق مع دراسة (Grechukhin, et al., 2021) والتي أكدت أن يمكن استخدام الأنماط الهندسية مثل خلية النحل لتحسين مرونة وحركة الأنسجة المطبوعة، مما يعزز من دقة نتائج البحث الحالي حول كفاءة هذا النمط في التطبيقات العملية، وأيضاً اتفقت مع دراسة (Eryildiz, 2021) والتي أظهرت أن نمط خلية النحل يمكن أن يعزز قوة الشد من خلال توزيع الإجهاد بالتساوي عبر الهيكل، مما يجعله مناسبًا للتطبيقات التي تتطلب قوة ميكانيكية عالية، ويتفق هذا مع النتائج التي توصل إليها البحث من حيث ملاءمة هذا النمط

في الأزياء القابلة للارتداء لتحقيق الاستدامة، وبفضل الخصائص الميكانيكية الممتازة التي يتمتع بها خليط نوى التمر، يُمكن استخدامه في مكونات الأزياء المطبوعة ثلاثية الأبعاد مثل الإكسسوارات والملابس الهيكلية والأحذية، حيث تلعب قوة الشد والموثوقية دورًا حاسمًا لضمان استخدام طويل الأمد، وقد أثبتت دراسة (Goyal et al., 2024) أن الجمع بين المواد الطبيعية والمواد القابلة للتحلل يمكن أن يعزز من الاستدامة في صناعة الأزياء، بذلك يحقق خليط نوى التمر مفهوم الاستدامة مع الحفاظ على الأداء الميكانيكي المطلوب، مما يجعله بديلاً فعالاً وصديقًا للبيئة، مه تعزيز الاتجاهات نحو استدامة صناعة الأزياء باستخدام التقنيات الحديثة.

6. ملخص النتائج

تمثل هذه الدراسة خطوة مبتكرة نحو تحقيق الاستدامة في صناعة الأزياء من خلال استغلال الموارد المحلية غير المستغلة، مثل نوى التمر، وتحويلها إلى مادة قابلة للطباعة ثلاثية الأبعاد، كما أظهرت النتائج أن خليط نوى التمر وPLA يُمكن أن يكون بديلاً مستدامًا لمواد الطباعة التقليدية، حيث احتفظ الخليط بنسبة كبيرة من الخصائص الميكانيكية لPLA النقي، مع تحقيق مرونة ومتانة تدعم تطبيقات الأزياء القابلة للارتداء، وعلاوة على ذلك، برز نمط خلية النحل بنسبة تعبئة 15% كأفضل خيار لتصميم الهياكل المطبوعة، حيث أظهر توازنًا بين استهلاك المواد، المرونة، وسلامة الهيكل، مما يجعله مثاليًا للتطبيقات العملية في الأزياء المستدامة، تدعم هذه الدراسة التحول نحو استخدام المواد الطبيعية في التصنيع المبتكر، مما يساهم في تعزيز الاقتصاد الدائري وبذلك، يحقق هذا البحث أهدافه في تقديم حلول مستدامة لتحديات صناعة الأزياء، بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 لتعزيز الابتكار والاستدامة في المجالات الإبداعية.

1.6. التوصيات

1- **تحسين الكفاءة باستخدام تقنيات متقدمة:** يوصى بإجراء دراسات لتطوير التركيب الجزيئي لخيوط نوى التمر باستخدام تقنية النانو، بهدف تعزيز كفاءتها وفعاليتها في التطبيقات المختلفة.
2- **إجراء دراسة مقارنة:** يوصى بإجراء مقارنة خيوط نوى التمر مع مواد مستخلصة حيوية أخرى، مثل نفايات الطعام أو من المخلفات الزراعية، لتقييم الفروقات في المتانة، والمرونة، والتكلفة، والأثر البيئي.
3- **اختبارات التحلل الحيوي:** يُنصح بإجراء اختبارات حول قدرة خيوط نوى التمر على التحلل في بيئات مختلفة مثل التربة والماء، لضمان توافقها مع معايير الاستدامة البيئية.
4- **ضمان معايير الصحة والسلامة:** يُفضل دراسة الآثار الصحية وسلامة استخدام نوى التمر في صناعة الأزياء، لضمان امتثالها للمعايير البيئية والصحية.
5- **توسيع التطبيقات الصناعية:** يُوصى بدراسة إمكانية استخدام المادة المبتكرة في صناعات أخرى، لتعزيز التكامل البيئي ودعم حلول الاستدامة في مختلف المجالات.

المراجع:

آل الشيخ، عبد الله عبد العزيز. (٢٠٢٠). الاستدامة التحديات والفرص. العبيكان للنشر.

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي. (٢٠١٩). تقييم منظومة إدارة النفايات الصلبة بالمسجد الحرام – رمضان 1438 هـ. ("تقييم منظومة إدارة النفايات الصلبة بالمسجد الحرام – رمضان 1438 هـ")

واس. (١١/ ٦/ ٢٠٢١م). "هيئة الأزياء تدشن المنصة الرقمية لمبادرة "مستقبل الأزياء". سبق. تم استرجاعها بتاريخ ٢٠٢١/٨/٣٠ من https://sabq.org/saudia/wtmnyv

Alharbi, K. L., Raman, J., & Shin, H. (2021). Date fruit and seed in nutricosmetics. Cosmetics, 8(3), 59. https://doi.org/10.3390/cosmetics8030059

Amrita, Manoj, A., & Panda, R. C. (2022). Biodegradable filament for 3D printing process: A review. Engineered Science, 18, 11-19. doi:10.30919/es8d616 Retrieved from https://www.espublisher.com/uploads/article_pdf/es8d616.pdf

Anwajler, B., Zdybel, E., & Tomaszewska-Ciosk, E. (2023). Innovative polymer composites with natural fillers produced by additive manufacturing (3D printing)—A literature review. Polymers, 15(17), 3534. doi:10.3390/polym15173534

Claudio, L. (2007). Waste couture: Environmental impact of the clothing industry. Environmental Health Perspectives, 115(9), A448–A454. https://doi.org/10.1289/ehp.115-a449

Dip, T. M., Emu, A. S., Nafiz, M. N. H., Kundu, P., Rakhi, H. R., Sayam, A., . . . Sayem, A. S. M. (2020). 3D printing technology for textiles and fashion. Textile Progress, 52(4), 167–260. https://doi.org/10.1080/00405167.2021.1978223 Retrieved from https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405167.2021.1978223

Eryildiz, M. (2021). The effects of infill patterns on the mechanical properties of 3D printed PLA parts fabricated by FDM. Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science, 7(1-2), 1–8. doi:10.23939/ujmems2021.01-02.001

Fletcher, K. (2008). Sustainable fashion and textiles: Design journeys. Retrieved from https://ualresearchonline.arts.ac.uk/id/eprint/5886/

GCFGlobal. (n.d.). What is 3D printing. Retrieved November 22, 2024, from https://edu.gcfglobal.org/en/thenow/what-is-3d-printing/1/

Goyal, S. B., Nisa Mustaffa Halabi, K., Halabi Azahari, M., Anuwar Mohamed Yusof, S., & Garg, R. (2024). Apply AI, AR, 3D Printing, and M-commerce: Digital transformation case study of fashion industry. SSRN Electronic Journal, doi:10.2139/ssrn.4502174 Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/379558691_Apply_Ai_Ar_3d_Printing_and_M-Commerce_Digital_Transformation_Case_Study_of_Fashion_Industry/citations

Grechukhin, A. P., Habibulloev, A., Rudovsky, P. N., & Rudkovskiy, M. D. (2021). 3D Printing of Textile Products. Физика Волокнистых Материалов: Структура, Свойства, Наукоемкие Технологии И Материалы (SMARTEX), (1), 24–27. doi:10.47367/2413-6514_2021_1_24

Green Strategy. (n.d.). What is sustainable fashion?. Retrieved November 22, 2024, from https://greenstrategy.se/sustainable-fashion-definition/

Henninger, C. E., Alevizou, P. J., Goworek, H., & Ryding, D.(2017). Introduction to Sustainability in Fashion. In C. E. Henninger, P. J. Alevizou, H. Goworek & D. Ryding (Eds.), Sustainability in Fashion: A Cradle to Upcycle Approach (pp. 1-10). Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-51253-2_1

Kabir, S., Li, Y., Salahuddin, M., & Lee, Y. (2022). Drapability of 3D-printed auxetic structure textiles for wearable products through the digital image processing technique. Clothing and Textiles Research Journal, doi:10.1177/0887302X231202223 Retrieved from https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0887302X231202223

Kutsenkova, Z. (2017). The Sustainable Future of the Modern Fashion Industry (Honors thesis, Dominican University of California, San Rafael, California, USA). Retrieved from https://scholar.dominican.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=honors-theses

Little, T. (2018). The Future of Fashion: Understanding Sustainability in The Fashion Industry. New Degree Press.

Najafi, M. B. H. (2011). Date seeds: A novel and inexpensive source of dietary fiber. International Conference on Food Engineering and Biotechnology, 9(2011). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Mohammad-B-Habibi-Najafi/publication/266569216_Date_Seeds_A_Novel_and_Inexpensive_Source_of_Dietary_Fiber/links/554a18aa0cf29f836c9501a8/Date-Seeds-A-Novel-and-Inexpensive-Source-of-Dietary-Fiber.pdf

Pakkanen, J., Manfredi, D., Minetola, P., & Iuliano, L. (2017). About the use of recycled or biodegradable filaments for sustainability of 3D printing. In G. Campana, R. J. Howlett, R. Setchi, & B. Cimatti (Eds.) Sustainable Design and Manufacturing 2017. SDM 2017. (pp. 776–785). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57078-5_73 Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57078-5_73

Polewka, M., Enz, F., Jennißen, M., Wirth, E. & Sabantina, L. (2023). 3D printing with Biomaterials—The new sustainable future of textiles? Engineering Proceedings, 37(1), 59. doi:10.3390/ecp2023-14734 Retrieved from https://www.mdpi.com/2673-4591/37/1/59

Rett, J. P., Traore, Y. L., & Ho, E. A. (2021). Sustainable materials for fused deposition modeling 3D. Advanced Engineering Materials Journal. 23(7), 1-8. https://doi.org/10.1002/adem.202001472. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/350347587_Sustainable_Materials_for_Fused_Deposition_Modeling_3D_Printing_Applications

Zhang, B., Zhang, Y., & Zhou, P. (2021). Consumer attitude towards sustainability of fast fashion products in the UK. Sustainability, 13(4), 1646. doi:10.3390/su13041646 Retrieved from https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1646

ISSN: 2663-5798 || Arab Journal for Scientific Publishing

الإصدار السابع – العدد الرابع والسبعون
تاريخ الإصدار: 2 – كانون الأول – 2024م
www.ajsp.net

"INNOVATING A SUSTAINABLE 3D PRINTING MATERIAL USING DATE SEEDS"

Researcher:

Mona Omar Bawazeer

Department of Fashion Design / College of Designs and Arts / University of Jeddah / Kingdom of Saudi Arabia

Supervisor:

Prof. Hanan Bukhari

Department of Fashion Design / College of Designs and Arts / University of Jeddah / Kingdom of Saudi Arabia

1446 / 2024

Abstract:

This research aims to provide innovative solutions for the fashion industry by developing a 3D printing filament using date seeds. The research problem arose from questioning the feasibility of creating a 3D printing filament from date seeds suitable for fashion applications. The significance of this study lies in utilizing the abundance of date seeds in Saudi Arabia to produce an innovative and eco-friendly material, while promoting the recycling of agricultural waste. The descriptive and procedural methodologies were employed, and the results demonstrated that the innovative material, combining PLA and date seeds, exhibited high durability and flexibility. The honeycomb pattern sample with a 15% infill percentage showed efficiency in balancing material consumption, flexibility, and structural integrity, making it suitable for fashion applications such as accessories and footwear. These findings align with Saudi Arabia's Vision 2030 by leveraging local resources, reducing agricultural waste, and fostering innovation through the use of natural materials from the local environment. The study recommends exploring the use of the developed material in other industries to promote environmental integration and support sustainability solutions across various sectors.

Keywords: Sustainability, Sustainable Fashion Industry, 3D Printing.