

تعزيز الابتكار الوظيفي للمنتجات الزجاجية المعاد تدويرها بما يدعم تنافسية
المشروعات الصغيرةEnhancing the Functional Innovation of Recycled Glass Products to
Support the Competitiveness of Small Enterprises

م.م/ أسماء كمال محمد داود

مدرس مساعد بقسم الزجاج - كلية الفنون التطبيقية - الجامعة المصرية الروسية

Assist. Lect. Asmaa Kamal Mohamed Daoud

Assistant Lecturer Glass Department - Faculty of Applied Arts

- Egyptian Russian University

asmaadawood00@gmail.com

ملخص البحث:

تواجه صناعة المنتجات الزجاجية المعاد تدويرها، خاصة في المشروعات الصغيرة التي تعتمد على تقنيات تقليدية، تحديات كثيرة تتمثل في محدودية الإنتاج واقتصار الاستخدام غالبًا للمنتجات المعاد تدويرها على الأغراض الجمالية والديكورية. رغم القيمة الفنية لهذه المنتجات، إلا أنها تفتقر إلى توفر الوظائف العملية التي تلبي احتياجات المستخدم اليومية، كما تواجه هذه المشروعات بعض الصعوبات في تحقيق الإنتاج الكمي وضمان جودة المنتجات، مما يحد من قدرتها على المنافسة في الأسواق المحلية والعالمية. ومن هنا تكمن مشكلة البحث في الحاجة إلى تطوير منتجات زجاجية تجمع بين الابتكار في التصميم واستخدام مواد معاد تدويرها، لتعزيز تنافسية المشروعات الصغيرة وتحقيق استدامة بيئية واقتصادية.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير التقنيات المتقدمة في تطوير منتجات زجاجية معاد تدويرها، مع تحقيق توازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية للمنتج، وتعزيز كفاءة الإنتاج، وتقليل الانبعاثات الكربونية، لدعم المشروعات الصغيرة وتحقيق الاستدامة. وقد اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي في دراسته، كما تضمن جانبًا تطبيقيًا يتمثل في تنفيذ مشروع لإعادة تدوير العبوات الزجاجية وتحويلها إلى منتجات ذات طابع استخدامي في مجال تقديم الطعام، مع تقييم أثر استخدام تقنيات إعادة تشكيل الزجاج حراريًا على جودة المنتجات وتنوعها وكفاءة عمليات الإنتاج.

وقد توصل البحث إلى بعض النتائج التي أظهرت أن استخدام التقنيات الحديثة وتطوير المنتجات المعاد تدويرها لتكون عملية وقابلة للإنتاج الكمي يمثلان مفتاحًا لتحويل هذه الصناعة إلى قطاع منافس ومستدام يدعم المشروعات الصغيرة ويحقق قيمة مضافة حقيقية. كما أن دمج الابتكار التقني مع التصميم الوظيفي يمكن أن يعزز تنافسية هذه المشروعات في الأسواق المحلية والعالمية، ويسهم في التنمية الاقتصادية والبيئية المستدامة.

الكلمات المفتاحية:

إعادة تدوير الزجاج - الاستدامة - المشروعات الصغيرة - الابتكار الوظيفي.

Abstract:

The recycled glass product industry, particularly small enterprises relying on traditional techniques, faces significant challenges including limited production capacity and a predominant focus on decorative and aesthetic uses. Despite the artistic value of these products, they often lack practical functionalities that meet daily user needs. Additionally, these enterprises struggle with scaling production and ensuring product quality, which restricts their

competitiveness in local and global markets. This research addresses the need to develop glass products that integrate innovative design with recycled materials to boost the competitiveness of small enterprises while achieving environmental and economic sustainability.

The study aims to investigate the influence of advanced technologies in developing recycled glass products that balance aesthetic appeal and functional performance, improve production efficiency, and reduce carbon emissions to support small enterprises and promote sustainability. The study adopts a descriptive-analytical approach and includes an applied component involving the implementation of a project that recycles glass containers and transforms them into functional products for food serving. Additionally, the study evaluates the effect of using thermal glass reshaping techniques on the quality, variety, and production efficiency of the products.

Findings reveal that adopting modern technologies and developing recycled glass products to be functional and suitable for mass production is key to transforming this sector into a competitive and sustainable industry that supports small enterprises and creates real added value. Furthermore, integrating technological innovation with functional design can enhance the competitiveness of these enterprises in both local and international markets, contributing to sustainable economic and environmental development.

Keywords:

Glass Recycling – Sustainability – Small Enterprises – Functional Innovation.

المقدمة:

في ظل التوجهات العالمية نحو الاستدامة وتقليل النفايات، باتت إعادة تدوير الزجاج من القضايا الملحة التي تحظى باهتمام متزايد، خاصة في ظل ما تتخذه من فرص بيئية واقتصادية للمجتمعات. تشكل النفايات الزجاجية تحديًا بيئيًا كبيرًا بسبب عدم قابليتها للتحلل، مما يستدعي تطوير حلول مبتكرة لإعادة تدويرها إلى منتجات ذات قيمة مضافة باستخدام وسائل وتقنيات متقدمة، بما يدعم الاقتصاد الدائري ويقلل الاعتماد على الموارد الطبيعية.

ورغم ما تحققه المشروعات الصغيرة من دور مهم في هذا السياق، إلا أن الصناعات الزجاجية المعاد تدويرها داخل هذه المشروعات لا تزال تواجه تحديات متعددة، تتعلق بمحدودية الإنتاج، وغياب الوظائف العملية للمنتج، وضعف القدرة التنافسية في الأسواق المحلية والعالمية. وغالبًا ما تقتصر مخرجات هذه الصناعات بشكل كبير على منتجات ديكورية أو فنية تفنن إلى الاستخدام الوظيفي. ومن هذا المنطلق، تبرز الحاجة إلى تطوير هذه الصناعة من خلال دمج التقنيات الحديثة التي تتيح إعادة تدوير وتشكيل الزجاج بطرق ترفع من كفاءته وجودته، وتفتح آفاقًا لتوسيع استخداماته الوظيفية.

المشكلة:

الحاجة إلى تطوير منتجات زجاجية تجمع بين الابتكار في التصميم واستخدام مواد معاد تدويرها، لتعزيز تنافسية المشروعات الصغيرة وتحقيق استدامة بيئية واقتصادية.

الهدف:

دراسة تأثير التقنيات المتقدمة في تطوير منتجات زجاجية معاد تدويرها، مع تحقيق توازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية للمنتج، وتعزيز كفاءة الإنتاج، وتقليل الانبعاثات الكربونية، لدعم المشروعات الصغيرة وتحقيق الاستدامة.

منهجية البحث:

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي التطبيقي.

مصطلحات البحث:

إعادة التدوير: هي عملية تحويل النفايات إلى مواد قابلة للاستخدام مرة أخرى في دورة إنتاج جديدة، مما يقلل من استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية. حيث تعتبر إعادة التدوير من الحلول البيئية المستدامة التي تساعد في تحويل النفايات من عبء على المجتمع إلى مورد مفيد يمكن الاستفادة منه وذلك عن طريق تصنيف وفصل المخلفات على أساس المواد الخام الموجودة فيها، ثم إعادة تصنيع كل مادة على حدة. [4]

الاستدامة: الاستدامة هي القدرة على تلبية احتياجات الحاضر بطريقة لا تؤثر سلباً على قدرة الأجيال القادمة في تلبية متطلباتها المستقبلية. وهي تتطلب إدارة واعية للموارد بهدف تحقيق توازن طويل الأمد بين الحفاظ على البيئة، الاستقرار الاقتصادي، والرفاه الاجتماعي. وقد شهد مفهوم الاستدامة تطوراً ليعكس العلاقة المتداخلة بين النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية، والتي تُعرف بالركائز الثلاث: البيئة، المجتمع، والاقتصاد. [11]

في المجال الصناعي يمكن تعريف الاستدامة على أنها نهج يهدف إلى دمج الاعتبارات البيئية والاقتصادية والاجتماعية في عملية تصميم وتصنيع المنتجات والأنظمة والعمليات. يتمثل الهدف الأساسي في الحد من التأثيرات السلبية على البيئة طوال دورة حياة المنتج، مع ضمان الحفاظ على الأداء العالي، الموثوقية، والجودة الاقتصادية.

المشروعات الصغيرة: هي منشآت تمتلكها وتديرها أفراد أو مجموعات صغيرة، ذات رأس مال محدود، وتعمل في نطاق ضيق، تتميز بإدارة مركزية (المالك هو المدير) وتعتمد غالباً على الموارد المحلية المتاحة لتحقيق ميزة تنافسية كما أن لديها مرونة عالية في التكيف مع السوق، عدد العاملين بالمشروعات الصغيرة الخاصة بإعادة التدوير يتراوح بين 5-25 عامل، والقدرة الإنتاجية لها ذات قدرة إنتاجية محدودة، تتراوح حسب القطاع وحجم المشروع، ورأس مالها لا يتجاوز الـ 2 مليون جنية. [7]

تطوير المنتجات الزجاجية: هي عملية منهجية تشمل تحسين خصائص المنتج الكيميائية والفيزيائية وتطوير الجوانب الوظيفية والجمالية للمنتج وخفض تكاليف الإنتاج من خلال تحسين كفاءة استخدام المواد والطاقة وتقليل نسبة الهادر. وفي سياق الإقتصاد الدائري فإن تطوير المنتجات الزجاجية المستدامة تعني تقليل البصمة الكربونية بنسبة 30%، وزيادة محتوى المواد المعاد تدويرها إلى 50%، وتحسين قابلية إعادة التدوير للمنتج بنهاية العمر الافتراضي له. [12]

أولاً: إعادة تدوير المنتجات الزجاجية:

تُعتبر إعادة تدوير مخلفات الزجاج إحدى الركائز الأساسية لعملية الإستدامة. فقد أدى الطلب المتزايد على المنتجات الزجاجية إلى زيادة كبيرة في نفايات الزجاج والتي تكون مستقرة ولا تتحلل بشكل طبيعي، وبالتالي دفنها ليس حلاً مستداماً بيئياً، على النقيض من ذلك، فإن إعادة تدوير الزجاج ضرورية لإدارة النفايات بكفاءة، فهذا يسمح باستعادة المواد وإعادة استخدامها، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وخفض استهلاك الطاقة، وتقليل انبعاثات الكربون. وفقاً للدراسات وجد أن كل طن زجاج معاد تدويره يوفر 1.2 طن من المواد الخام [13]، وتتم عملية إعادة تدوير الزجاج من خلال ثلاثة مراحل: تبدأ بجمع النفايات الزجاجية، ثم فرزها وتنظيفها وأخيراً إعادة تصنيعها من جديد لإنتاج منتجات زجاجية جديدة.

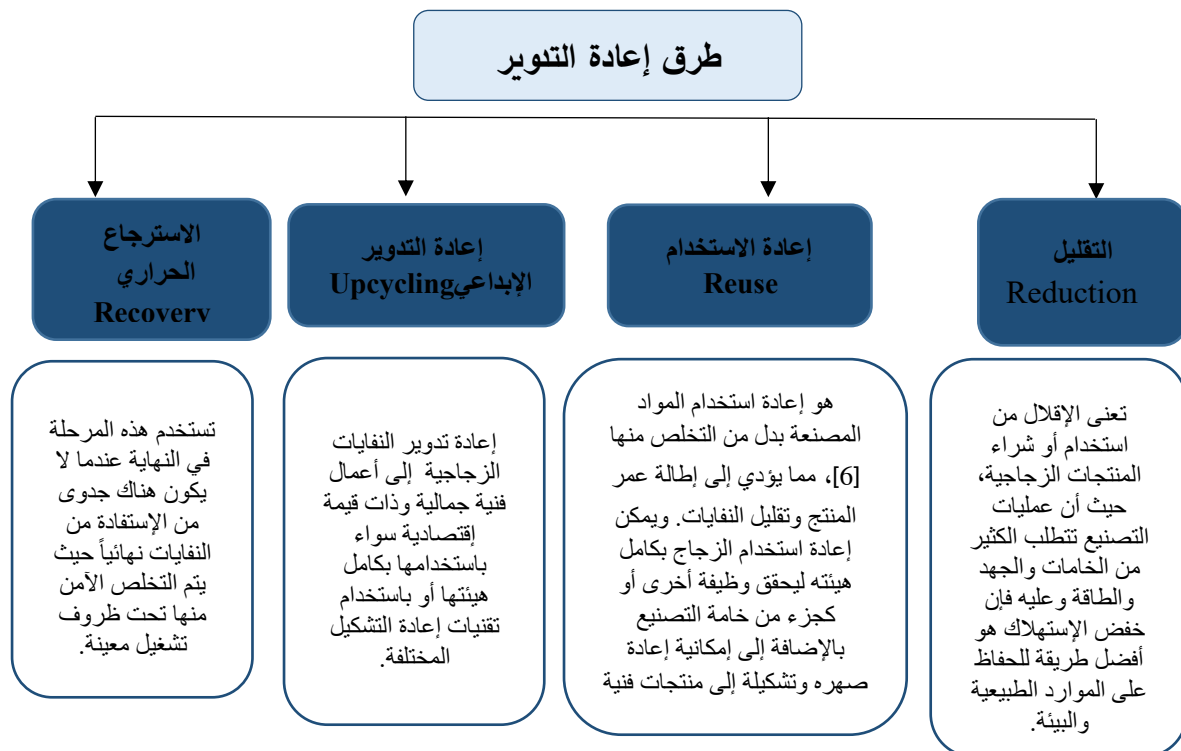
ثانياً: أهمية إعادة التدوير للزجاج:

إعادة تدوير الزجاج له أهمية كبيرة على المستوى البيئي والاقتصادي والاجتماعي، ومن أبرز فوائده:

1. تقليل من التلوث البيئي: إعادة استخدام الزجاج مرة أخرى يقلل من كمية الزجاج الملقى في مكب النفايات.
2. تحقيق الاستدامة: التقليل من استخدام المواد الخام مثل الرمل والصودا والحجر الجيري، يحافظ على الموارد الطبيعية، فالزجاج من المواد التي يمكن إعادة تدويرها بنسبة 100% [3].
3. خفض الانبعاثات الكربونية: تصنيع الزجاج من المواد المعاد تدويرها يستهلك طاقة أقل مقارنة باستخدام المواد الخام، مما يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
4. تقليل الطاقة: الزجاج من المواد المستهلكة للطاقة حيث ينصهر عند درجة حرارة تصل إلى 1450 م°، فصناعة منتجات زجاجية جديدة من زجاج معاد تدويره يستهلك طاقة أقل بنسبة 30 - 40% [3].
5. توفير التكاليف: إعادة تدوير الزجاج أرخص من تصنيعه من الصفر، لأنه يتطلب طاقة أقل مما يقلل من تكاليف التصنيع.
6. خلق فرص عمل: الصناعة القائمة على إعادة التدوير توفر وظائف في جمع النفايات، فرزها، ومعالجتها.
7. تعزيز الاقتصاد الدائري: حيث يساهم في بناء اقتصاد دائري بإعادة استخدام المواد بدلاً من التخلص منها، فالزجاج يمكن إعادة تدويره أكثر من مرة دون أن يفقد جودته.

ثالثاً: وسائل وطرق إعادة التدوير:

تشمل طرق إعادة التدوير على أربعة محاور كما هو موضح في شكل رقم (١) والتي تتمثل في الآتي:



شكل رقم (١) مخطط يوضح وسائل وطرق إعادة التدوير

رابعاً: التقنيات التي يمكن استخدامها في إعادة تدوير الزجاج:

تتعدد التقنيات والوسائل التي يمكن استخدامها في المشروعات الصغيرة لإعادة تدوير المنتجات الزجاجية، ويمكن تصنيفها إلى:



1. الصهر وإعادة التشكيل:

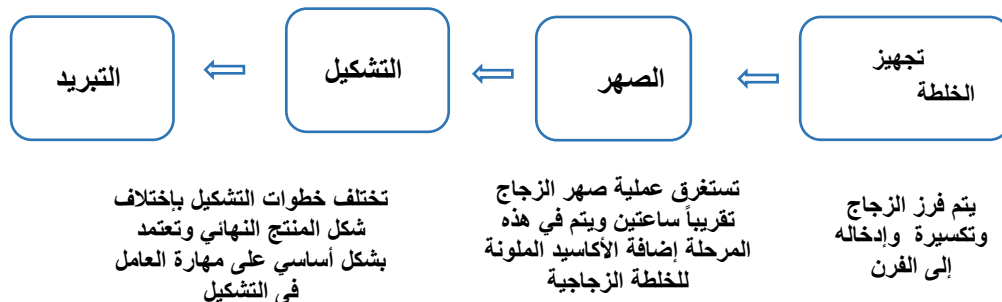
تعد هذه الطريقة من الطرق التقليدية المستخدمة في إعادة تدوير الزجاج والتي تحتاج إلى مهاره عالية في التشكيل، حيث يتم تكسير الزجاج وصهره في أفران خاصة في درجات حرارة عالية تصل إلى 1450°م وتشكله بعد ذلك إلى منتجات زجاجية جديدة باستخدام أساليب التشكيل المختلفة كالنفخ في قالب أو بدون قالب والصب والكبس، ونجد أن الأسلوب الأكثر شيوعاً في المشروعات الصغيرة القائمة على هذه التقنية هي النفخ والتشكيل بدون قالب. وتتعدد المنتجات التي يمكن إنتاجها بين أطباق زجاجية، أكواب، أبريق، وحدات إضاءة، فازات وغيرهم، كما هو موضح في شكل رقم (٢).

التجهيزات:

المشروعات الصغيرة القائمة على إعادة تدوير الزجاج باستخدام تقنية الصهر وإعادة التشكيل تعتمد بشكل أساسي على العنصر البشري ومهارته اليدوية في التشكيل والإنتاج بالإضافة إلى بعض التجهيزات والمعدات والأدوات التي تساعد العمال في عملية الإنتاج، والتي يمكن تقسمها إلى:

- تجهيزات ثابتة: وتشمل مكان خاص لتخزين الزجاج المراد إعادة تدويره (المواد الخام)، ومكان خاص بتخزين المنتجات المصنعة، مكان التصنيع ويشمل فرن الصهر والتبريد.
- معدات وأدوات أساسية: وتشمل ماكينة لتكسير الزجاج، فرن الصهر، فرن التبريد، منضدة للتشكيل وتكون أمام فرن الصهر، مقعد للتشكيل.
- أدوات لتشكيل ونفخ الزجاج: وتشمل أنبوبة (صفارة التشكيل)، عمود تشكيل مصمت، ملاقط معدنية للتشكيل، أدوات خشبية للتسوية، ماسك معدني (ماشات).

مراحل الإنتاج:



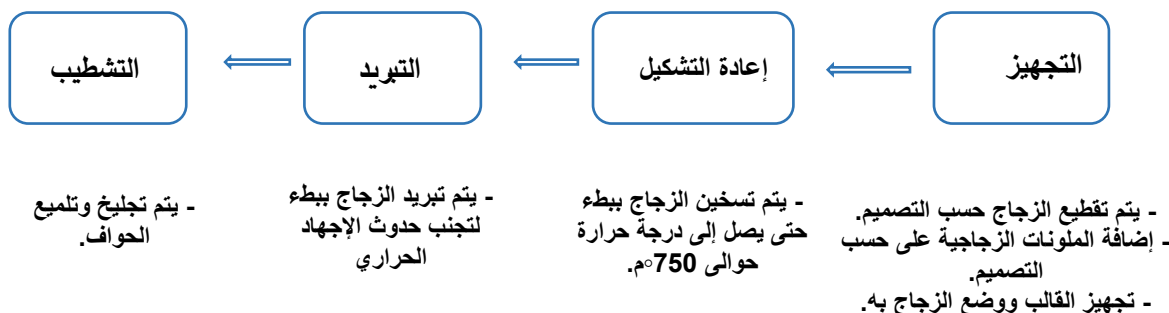


شكل رقم (٢) بعض المنتجات الزجاجية المنفذة من زجاج معاد تدويره باستخدام تقنية الصهر وإعادة التشكيل.

2. إعادة تشكيل الزجاج حرارياً في أفران مغلقة Fused Glass:

تعد تقنيات إعادة التشكيل الحراري للزجاج أحد التقنيات الهامة التي يمكن استخدامها في إعادة تدوير الزجاج فهي نوع من المعالجة الحرارية للزجاج تعتمد بشكل أساسي على تعريض الزجاج المصنع مسبقاً بهيئاته المختلفة (مسطح، كسر، عبوات) إلى درجات حرارة مرتفعة تصل إلى 750-800 °م مما يؤدي إلى تغير شكل وهيئة الزجاج ويحدث اندماج للقطع الزجاجية ببعض دون أن تصل إلى مرحلة الانصهار. تسمح هذه التقنية بتشكيل منتجات زجاجية معاد تدويرها جديدة ومتنوعة وترتبط بالوظائف الاستخدامية أو الجمالية أو الدمج بينهم، كما هو موضح في شكل رقم (٣، ٤). [4]

مراحل الإنتاج:



التجهيزات:

تعتمد المشروعات الصغيرة القائمة على إعادة تدوير الزجاج باستخدام تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً في الأفران المغلقة على بعض التجهيزات والمعدات والأدوات الأساسية اللازمة لعملية الإنتاج، والتي يمكن تقسمها إلى:

- تجهيزات ثابتة: وتشمل مكان خاص لتخزين الزجاج المراد إعادة تدويره (المواد الخام)، ومكان خاص بتخزين المنتجات المصنعة، مكان خاص بالأفران، مكان خاص بتجهيز الزجاج قبل دخول الفرن.
- معدات: وتشمل ماكينة لتكسير الزجاج، فرن كهربائي، منضدة للعمل، ماكينة للشطف والتلميع.
- أدوات أساسية: وتشمل أداة لقطع الزجاج (المأظة)، كماشة، فرش وأدوات للتلوين، قوالب حرارية للتشكيل.



شكل رقم (٣) بعض المنتجات الزجاجية المنفذة من إعادة تدوير فاقد الزجاج المسطح (الكسر الزجاجي) باستخدام تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً.



شكل رقم (٤) بعض المنتجات الزجاجية المنفذة من إعادة تدوير العبوات الزجاجية باستخدام تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً.

3. إعادة استخدام وتشكيل الزجاج على البارد:

تتعدد طرق إعادة تدوير المنتجات الزجاجية على البارد بدون استخدام الحرارة وذلك من خلال تجميعها وفرزها وتنظيفها ثم إعادة استخدامها مباشرة في عمل منتجات زجاجية مختلفة وغالباً ما يغلب عليها الطابع الفني أو الإبداعي وتتعدد المنتجات التي يمكن إنتاجها سواء باستخدام عبوات زجاجية أو فاقد الزجاج المسطح بنفس هينتها أو من خلال تكسيرها أو تقطيعها، كما يمكن تغيير مظهر السطح من خلال الحفر أو إضافة بعض التأثيرات اللونية، ويمكن تصنيف طرق إعادة تدوير النفايات الزجاجية على البارد إلى:

- استخدام العبوات الزجاجية بصورتها الأصلية أو بإضافة بعض التأثيرات اللونية على سطحها وذلك في عمل منتجات ذات طابع جمالي أو استخدامي، كما هو موضح في شكل رقم (٥).



شكل رقم (٥) بعض المنتجات الزجاجية المنفذة بإعادة استخدام العبوات الزجاجية بصورتها الأصلية.

- تقطيع العبوات الزجاجية وتحويلها إلى منتجات ذات طابع استخدامي مثل أكواب زجاجية، أطباق صغيرة (سلطانية) تستخدم في تقديم الطعام، وحدات إضاءة أو فازات زجاجية، كما هو موضح في شكل رقم (٦)، تتعدد المنتجات التي يمكن إنتاجها بهذه الطريقة وتختلف باختلاف مكان القطع والتجميع.



شكل رقم (٦) إعادة تدوير العبوات الزجاجية من خلال القطع وتحويلها إلى منتجات تستخدم في تقديم الطعام.



شكل رقم (٧) إعادة تدوير العبوات الزجاجية من خلال القطع وتحويلها إلى منتجات ذات طابع جمالي مثل الفازات والمعلقات.

- دمج الزجاج مع خامات أخرى مثل الأسمنت والمواد الراتنجية الشفافة في عمل بلاطات تستخدم في أعمال الديكور والبناء وغيرها وأيضاً مع خامات مثل المعادن والأخشاب وذلك على حسب رؤية الفنان، كما هو موضح في شكل رقم (٨).



شكل رقم (٨) منتجات منفذة عن طريق دمج الزجاج مع خامات لأخرى.

التجهيزات:

المشروعات الصغيرة القائمة على إعادة تدوير الزجاج على البارد لا تحتاج إلى تجهيزات ومعدات كبيرة للعمل فهي تعتمد على أدوات يدوية ومواد بسيطة لتنفيذها مما يجعلها مثالية للمبتدئين والمشاريع المنزلية، ويمكن تقسمها إلى:

- تجهيزات ثابتة: وتشمل مكان تخزين الزجاج المراد إعادة تدويره ومكان العمل (وفي هذا النوع من المشاريع لا يحتاج إلى مكان كبير فجميع مراحل العمل تتم في مكان واحد).

- أدوات ومعدات: أدوات يدوية لقطع وتكسير الزجاج، منشار قطع كهربائي (ليس أساسياً)، ماكينة للشطف والتلميع.

مقارنة بين التقنيات المستخدمة في إعادة تدوير النفايات الزجاجية وجدوى استخدامها في المشروعات الصغيرة:

التقنية	الصهر وإعادة التشكيل	إعادة تشكيل الزجاج حرارياً (Fused Glass)	إعادة استخدام وتشكيل على البارد
الوصف	تكسير الزجاج وصهره في أفران خاصة في درجات حرارة عالية تصل إلى 1450°م وتشكيله باستخدام أساليب التشكيل المختلفة.	تسخين قطع الزجاج في أفران كهربائية مغلقة دون أن تصل إلى مرحلة الإنصهار بحيث تشكل وتندمج معاً.	إعادة تدوير النفايات الزجاجية بدون استخدام حرارة سواء باستخدامها بصورتها الأصلية أو بقطع الزجاج أو دمج مع خامات أخرى.
التكلفة الاستثمارية	عالية (أفران صهر، غاز، طاقة كبيرة)	متوسطة (أفران كهربائية صغيرة، معدات فنية)	منخفضة (أدوات يدوية، مواد بسيطة)
استهلاك الطاقة	مرتفع (درجات حرارة تصل إلى 1500°م).	متوسط (حوالي 800°م).	منخفض جداً (لا يتطلب حرارة).
الأثر البيئي	- يقلل من استهلاك المواد الخام والنفايات الزجاجية. - الانبعاثات الكربونية: متوسطة إلى مرتفعة، حيث تنخفض بنسبة تصل إلى 30% مقارنة بصنع الزجاج من المواد الخام.	- يقلل النفايات الزجاجية. - الانبعاثات الكربونية: منخفضة إلى متوسطة أقل من الصهر الكامل.	- يقلل النفايات الزجاجية. - الانبعاثات الكربونية: منخفضة جداً لا يوجد تسخين أو انبعاثات حرارية.
القدرة التنافسية	جيدة: جودة عالية ومنتجات مطلوبة، لكنها تواجه تحديات الطاقة والتكاليف.	متوسطة: قيمة مضافة عالية للمنتجات للزجاجية، لكن حجم الإنتاج محدود.	منخفضة إلى متوسطة

مرتفعة لمشاريع الصغيرة والحرف مع إمكانية واسعة للإبتكار المحلي والقدرة على المنافسة	مرتفعة لمشاريع الصغيرة والحرف مع إمكانية واسعة للإبتكار المحلي والقدرة على المنافسة	متوسطة بسبب التكلفة العالية والبنية التحتية المطلوبة والمهاره العالية فى التشكيل للإنتاج، رغم ارتفاع قيمة المنتج.	الجدوى للمشاريع الصغيرة
- يحافظ على خصائص الزجاج الأصلية دون تغير. -	- تحكم أدق في الشكل واللون بسبب عدم الذوبان الكامل للزجاج. - ثراء تنوع فى الأفكار التصميمية التي يمكن إنتاجها.	- يمكن إعادة التدوير عدة مرات دون فقدان الجودة.	المميزات

جدول رقم (1) مقارنة بين التقنيات المستخدمة في إعادة تدوير النفايات الزجاجية وجدوى استخدامها في المشروعات الصغيرة

من خلال المقارنة السابقة تم التوصل إلى أن:

- تقنية الصهر وإعادة التشكيل: تجمع بين جودة المنتج التقليدي وفرص السوق الجيدة، لكنه يحتاج إلى مهاره عالية في التشكيل ويتطلب استثمارات عالية واستهلاك طاقة عالي، مع وجود انبعاثات كربونية.
 - تقنية إعادة التشكيل زجاج حرارياً: تقدم توازناً بين استهلاك الطاقة المتوسط وجودة المنتجات الفنية ذات القيمة المضافة والربح، مما يجعلها مناسبة للمشاريع الصغيرة.
 - إعادة استخدام وتشكيل على البارد: هي الأقل تكلفة والأكثر صداقة للبيئة من حيث الطاقة والانبعاثات، لكنها محدودة من حيث حجم الإنتاج وفرص السوق، وتناسب المشاريع الحرفية والمجتمعية.
- مما سبق فقد تم إختيار تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً في الأفران المغلقة لإعادة تدوير النفايات الزجاجية، كأفضل تقنية تقدم توازناً بين استهلاك الطاقة وجودة وابتكارية المنتجات الزجاجية المنفذة بها، حيث يمكن من خلالها تحقيق قيمة مضافة للمنتج بما يحقق توازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية، وتزيد من قدرة المنتج على المنافسة في الأسواق المحلية والعالمية بما يدعم المشروعات الصغيرة ويحقق استدامة بيئية واقتصادية.

خامساً: التطبيقات:

تم تنفيذ مشروع صغير قائم على إعادة تدوير العبوات الزجاجية وتحويلها إلى منتجات قابلة للاستخدام الهدف الأساسي منها تقديم الطعام، وذلك باستخدام تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً في الأفران المغلقة كتقنية أساسية في إعادة التدوير مع إمكانية إنتاج المنتجات بشكل كمي وليس مجرد قطع مفردة، بما يحقق الكفاءة الوظيفية للمنتج، وقد مر المشروع بعدة مراحل تم تطوير المنتج خلالها بما يتناسب مع احتياجات المستهلك ويعزز من تنافسية المنتج في الأسواق المحلية، وهي كالآتي:

المرحلة الأولى:

تم عمل حصر بالعبوات الزجاجية المتواجدة في الأسواق التي يمكن الحصول عليها بوفرة وتصنيفها من حيث الشكل واللون والحجم وإجراء التجارب عليها للتأكد من ملائمتها الوظيفية للاستخدام، وقد تم تصنيف العبوات الزجاجية التي حققت الملائمة الوظيفية إلى ثلاثة مجموعات كما يلي:

التصنيف	عبوات زجاجية رقم (١)	عبوات زجاجية رقم (٢)	عبوات زجاجية رقم (٣)
الشكل (البدن)	شبه مخروطي	اسطواني	متوازي مستطيلات
صورة العبوة الزجاجية			
اللون	شفاف - أخضر - زيتي - بني	شفاف - أزرق - أخضر - زيتي - بني	شفاف - رمادي يميل إلى الأسود - أخضر - تركواز - بني
الحجم	الطول: 30 سم تقريباً القطر: 11 سم تقريباً	الطول: 32,5 سم تقريباً القطر: 10 سم تقريباً	الطول: 25 سم تقريباً العرض: 8 سم تقريباً

جدول رقم (2) تصنيف العبوات الزجاجية التي حققت الملائمة الوظيفية وتم الإعتماد عليها في التنفيذ

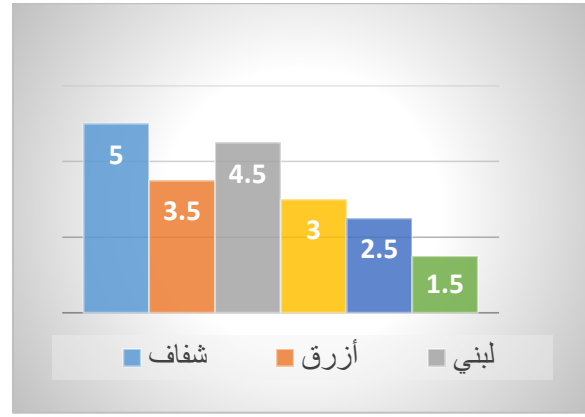
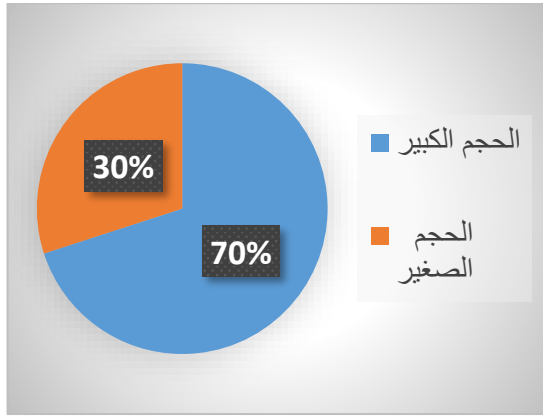
المرحلة الثانية:

تم تنفيذ مجموعة من المنتجات الزجاجية وقد كانت المنتجات زجاجات مسطحة مفردة متنوعة الألوان والأحجام (كميات قليلة - تنوع في الحجم واللون)، كما في شكل رقم (٩)، حيث كان الهدف هو دراسة السوق وردود فعل المستهلكين ومدى تقبلهم للمنتج وإقبالهم على شراءه وقد تم ذلك من خلال تسويق المنتج إلكترونياً على الإنترنت ومن خلال المعارض.



شكل رقم (٩) عينة لمنتجات زجاجية مسطحة مفردة تم إنتاجها في المرحلة الأولى

بدراسة ردود فعل المستهلكين على المنتجات المنفذة في هذه المرحلة وجد أن هناك إقبال على المنتجات ذات الحجم الكبير بنسبه اكبر من الحجم الصغير وفي الألوان كانت النسب متقاربة ولكن حاز اللون الأزرق والتركواز والشفاف النسبة الأكبر في المبيعات، كما هو موضح في شكل رقم (10)، (11).



شكل رقم (11) مخطط يوضح مدى إقبال المستهلكين على المنتجات (من حيث الحجم)

شكل رقم (10) مخطط يوضح مدى إقبال المستهلكين على المنتجات (من حيث اللون)

المرحلة الثالثة:

من خلال المرحلة الثانية ظهرت هناك بعض الاحتياجات والتعليقات لدى العملاء والتي من خلالها تم وضع مجموعة من الحلول التصميمية التي ساعدت في تطوير المنتج وتطبيقها وهي:

المنتج التطبيقي	الحلول	المشكلة / الاحتياجات
	الحل الأول: تشكيل العبوات الزجاجية بحيث تكون حواف الزجاج مرتفعة حتى يحوي المنتج أطعمة سائلة أو أطعمة ذات جزيئات صغيرة الحجم وذلك باستخدام قوالب للتشكيل.	يقتصر استخدام المنتج على الأطعمة الصلبة، ولا يتناسب مع السوائل أو الأطعمة ذات الجزيئات صغيرة الحجم.
	الحل الثاني: إضافة أطباق زجاجية صغيرة (سلطانية) على الزجاج المسطحة وذلك من خلال قطع العبوات الزجاجية على البارد (بحيث يتناسب قطرها مع أبعاد الزجاج المسطحة) مما يعطي للمستهلك إمكانية استخدام الزجاج المسطحة مفردة أو باستخدام الأطباق الزجاجية عليها.	

	زيادة مساحة التقديم للطعام من خلال دمج زجاجتين معاً حرارياً بوضعهم بشكل عكسي وبالتالي ازدياد عرض المنتج من ١٣ سم إلى حوالي ٢٢ سم تقريباً، وأيضاً تم إضافة سلطانيات زجاجية إلى المنتج مما رفع من الكفاءة الوظيفية له.	حجم المنتج ليس كافياً لتقديم الطعام عليه فقد كان الطلب زياده الحجم أو توفير عبوات بحجم أكبر.
---	---	---

جدول رقم (3) الاحتياجات والمشكلات التي ظهرت والحلول التي تم وضعها لتطوير المنتج

المرحلة الرابعة:

في هذه المرحلة تم تطوير المنتج الذي أنتج في المرحلة الأولى والثانية من خلال تغير مظهر السطح وذلك بإضافة تأثيرات لونية وتطبيق الرسم بالملونات الحرارية على سطح المنتجات الزجاجية المعاد تدويرها والحفر باستخدام تقنية الرش الرمل مما ادي إلى وجود تنوع في المنتجات الزجاجية المنفذة، كما هو موضح جدول رقم (4).

المنتجات المستخدمة	في تغير مظهر سطح المنتج
	الرسم باستخدام الملونات الحرارية المعتمدة
	التلوين باستخدام الألوان الحرارية الشفافة (سواء المنتج أو السلطانيات الزجاجية المضافة عليه)

			الحفر والرسم باستخدام الألوان الذهبية
			الطباعة على الزجاج

جدول رقم (4) تصنيف التقنيات المستخدمة في تغير مظهر سطح المنتجات الزجاجية المعاد تدويرها

النتائج:

- ان استخدام التقنيات الحديثة في تطوير المنتجات المعاد تدويرها لتكون عملية وقابلة للإنتاج الكمي يمثلان مفتاحاً لتحويل هذه الصناعة إلى قطاع منافس ومستدام يدعم المشروعات الصغيرة ويحقق قيمة مضافة.
- دمج الابتكار التقني مع التصميم الوظيفي يعزز تنافسية المشروعات الصغيرة في الأسواق المحلية والعالمية، ويسهم في التنمية الاقتصادية والبيئية المستدامة.
- بالمقارنة بين التقنيات المستخدمة في إعادة تدوير النفايات الزجاجية وجدوى استخدامها في المشروعات الصغيرة تم التوصل إلى أن تقنية إعادة التشكيل زجاج حرارياً مناسبة للمشاريع الصغيرة حيث تقدم توازناً بين استهلاك الطاقة المتوسط وجودة المنتجات الفنية ذات القيمة المضافة، أما تقنية إعادة استخدام وتشكيل على البارد فهي وتناسب المشاريع الحرفية والمجتمعية حيث أنها الأقل تكلفة والأكثر صداقة للبيئة من حيث الطاقة والانبعاثات، لكنها محدودة من حيث حجم الإنتاج وفرص السوق.
- تم تنفيذ مشروع صغير قائم على إعادة تدوير العبوات الزجاجية وتحويلها إلى منتجات قابلة للاستخدام الهدف الأساسي منها تقديم الطعام، وذلك باستخدام تقنية إعادة تشكيل الزجاج حرارياً في الأفران المغلقة كتقنية أساسية في إعادة التدوير، وتطوير المنتج بما يحقق الكفاءة الوظيفية ويتناسب مع احتياجات المستهلك ويعزز من تنافسية المنتج في الأسواق المحلية، مع إمكانية الإنتاج بشكل كمي وليس مجرد قطع مفردة.

المراجع:

- (1) العبادي، خالد. "المشروعات الصغيرة ومتطلبات التمويل في مصر." مجلة جامعة القاهرة للاقتصاد، المجلد 34، العدد 2 (2020).
- Al-Abady, Khaled. "Al-Mashrouat al-Sagheera wa Motatalbat el-Tamweel fi Masr." Majallat Gameat al-Qahira lil-Iqtisad, vol. 34, no. 2 (2020).
- (2) إبراهيم، سارة محمد مختار، هناء القزاز، ورشا علي. "أثر إعادة استخدام نفايات الزجاج على تجميل الميادين العامة بمصر (ميدان الرماية بالهرم - جيزة)." مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، مجلد 6، عدد 30 (2021): 515-537. <https://doi.org/10.21608/mjaf.2019.11483.1093>.
- Ibrahim, Sara Mohamed Mokhtar, Hanaa El-Qazzaz, and Rasha Ali. "Athar Eadet Istikhdam Nifayat al-Zojaj ala Tajmeel al-Mayadeen al-Amma bi-Masr (Midan al-Ramaya bil-Haram - Giza)." Majallat al-'Imara wa al-Fonoon wa al-'Uloom al-Insaniyya, vol. 6, no. 30 (2021): 515-537. <https://doi.org/10.21608/mjaf.2019.11483.1093>
- (3) إبراهيم، سارة عمرو محمد مختار، "تفعيل الجوانب الجمالية والوظيفية المؤثرة في التصميم بتقنيات إعادة تدوير الزجاج للميادين العامة بمصر." رسالة دكتوراه، قسم الزجاج، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، 2019.
- Ibrahim, Sara Amr Mohamed Mokhtar. "Tafeel el-gawaneb el-gamaliya wel-wazifiya el-mo'aththira fi el-tasmeem bi-teqniyat i'adat tadweer el-zogag lel-mayadeen el-'amma b-Masr." Resalet Doktora, Qesm el-Zogag, Kolyet el-Fonoun el-Tatbeqeyya, Game'at Helwan, 2019.
- (4) حسني، حسام الدين نظمي، "أثر تعدد تقنيات إعادة التشكيل الحراري على إظهار خصائص (اللون - الشفافية - الملمس) في الزجاج." مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، مجلد 2، عدد 6 (2017). <https://doi.org/10.12816/0036892>.
- Hosny, Hossam El-Din Nazmy. "Athar ta'addod taqniyat eadet el-tashkeel el-harary ala izhar khasa'es (elown - el-shafafeya - el-malmas) fi el-zogag." Magallat el-Emara wa el-Fonoun wa el-Uloom el-Insaniya, Mogalad 2, Adad 6 (2017). <https://doi.org/10.12816/0036892>.
- (5) حمزاوي، عصمت، هناء القزاز، ورشا محمد علي حسن، وآية عماد الدين. "إنتاج موزاييك الزجاج السيراميكي بإعادة تدوير الزجاج." مجلة الفن والتصميم، المجلد 1، العدد 1 (سبتمبر 2023). <https://doi.org/10.21608/ifca.2023.326711>
- Hamzawy, Esmat, Hanaa El-Qazzaz, Rasha Mohamed Ali Hassan, and Aya Emad Eldin. "Intaj Mozaiyk el-Zojaj el-Seramiki bi Iadet Tadweer al-Zojaj." Majallat al-Fann wa el-Tasmeem, vol. 1, no. 1 (September 2023). <https://doi.org/10.21608/ifca.2023.326711>
- (6) صباح، علا عبد اللطيف محمد. "أثر الهيئة البنائية للعبوات الزجاجية على إعادة استخدامها في العمارة الإسلامية." ورقة مقدمة في المؤتمر الدولي الرابع للعمارة والفنون الإسلامية، جامعة الأمير عبد القادر للعلوم الإسلامية، بالتعاون مع رابطة الجامعات الإسلامية، 2014.
- Sabah, Ola Abdel Latif Mohamed. "Athar el-hay'a el-bina'eyya lel-obowat el-zogagiyya ala eadet estekhdamha fi el-emara el-eslamiya." Warka moqadama fi el-motamar el-dawly el-rabe lel-emara wel-fonoun el-eslamiya, Gameat el-Amir Abdelkader lel-oloum el-eslamiya, bel-taawon ma Rabetet el-Gameat el-Esalmiya, 2014.
- (7) مجاهد، حازم السيد حلمي عطوة. "اقتصاديات المشروعات الصغيرة وسبل النهوض بها في ضوء التجريبتين الماليزية والهندية." مجلة البحوث القانونية والاقتصادية (المنصورة)، المجلد 10، العدد 73 (2020): 549-599. <https://doi.org/10.21608/mjle.2020.156138>
- Mojahid, Hazem El-Sayed Helmy Atwa. "Iqtissadiyat al-mashari' al-saghira wa sobal al-nuhood biha fi daw' al-tajrobtayn al-malyaziyya wa al-hindiyya." Majallat al-Bohouth al-

Qanuniyya wa al-Iqtisadiyya (al-Mansoura), vol. 10, no. 3, Sep. 2020, pp. 549–599.

<https://doi.org/10.21608/mjle.2020.156138>.

(8) محمود، سحر شمس الدين محمد. "الاستفادة من فاقد الكتل الزجاجية الملونة في تصميم وإنتاج الحلي الزجاجية محلياً". مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، المجلد 2، العدد 2 (يوليو 2015).

<https://doi.org/10.21608/maut.2015.107051>.

- Mahmoud, Sahar Shams El-Din Mohamed. "Al-Istifada min Faqed al-Kotal al-Zojajiyya al-Mulawwna fi Tasmeem wa Intaj al-Holy al-Zojajiyya Mahallyan." Majallat al-Fonoon wa al-Oloom al-Tatbiqiyya, vol. 2, no. 2 (July 2015).

<https://doi.org/10.21608/maut.2015.107051>.

(9) محمود، مروة سليمان محمد. "إعادة تدوير المخلفات البينية برؤية تصويرية لمواكبة سوق العمل". مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد 7، العدد 33 (2022): 434–416.

<https://doi.org/10.21608/mjaf.2020.48366.2036>

- Mahmoud, Marwa Suleiman Mohamed. "I'adat Tadweer al-Mokhallafat al-Bi'iyya bi Ru'ya Tasweeriyya li-Muwakabat Souq al-'Amal." Majallat al-'Imara wa al-Fonoon wa al-'Uloom al-Insaniyya, vol. 7, no. 33 (2022): 416–434.

<https://doi.org/10.21608/mjaf.2020.48366.2036>

(10) مطالبي، ليلي، ودليلة تيبام. "إعادة التدوير كأحد مقومات التسويق الأخضر لتحقيق التنمية المستدامة - عرض تجارب دولية مع الإشارة إلى تجربة الجزائر". مجلة دراسات في الاقتصاد والتجارة والمالية، مخبر الصناعات التقليدية، جامعة الجزائر، مجلد 3، العدد 1 (2020).

- Mataly, Laila, we Dalila Tibam. "Eadet el-tadweer ka'ahad maqawemat al-tasweeq al-akhdar li tahqeeq al-tanmeya al-mostadama - Ard tajareb dawliya maa al-ishara ila tajrobet al-Jazaer." Majallat Dirasat fi el-Iqtisad wa el-Tijara wa el-Maliya, Makbar el-Sina'at el-Taqlaediya, Gameat al-Jazaer, Mojallad 3, eladad 1 (2020).

(11) Hariram, N. P., Mekha, K. B., Suganthan, V., & Sudhakar, K. (2023b). Sustainalism: an integrated Socio-Economic-Environmental model to address sustainable development and sustainability. Sustainability, 15(13), 10682. <https://doi.org/10.3390/su151310682>

(12) Poolsawad, Nongnuch, Tassaneewan Chom-in, Jantima Samneangngam, Prakaytham Suksatit, Khaowpradabdin Songma, Saowalak Thamnnawat, Somrath Kanoksirirath, and Thumrongrut Mungcharoen. 2023. "Material Circularity Indicator for Accelerating Low-carbon Circular Economy in Thailand's Building and Construction Sector." Environmental Progress & Sustainable Energy 42 (4). <https://doi.org/10.1002/ep.14105>.

(13) US EPA. "Glass: Material-Specific Data | US EPA," November 8, 2024. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/glass-material-specific-data>.