

إنتاج الفحم المضغوط من بدرة فحم الطلح والسنت في السودان- نظرة أولية للكفاءة والجدوى .. 2023م

Compressed Charcoal from El-Talh and Acacia Charcoal Powder in Sudan. A Preliminary Overview to Efficiency and Feasibility.. 2023

د. أزهـر حسن عبد الرحمن محمد د. محمد عبد الحميد محمد أحمد أ. مجاهد تاج الدين عبد الرحمن
جامعة إفريقيا العالمية، جامعة كرري للعلوم والتقانة،
الخرطوم، السودان. الخرطوم، السودان

تاريخ الاستلام: 2025/06/26.....؛ تاريخ القبول: 2025/06/27.....؛ تاريخ النشر: 2025/06/30....

ملخص:

يعد إنتاج الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت عملية إقتصادية وبيئية تعتمد على إعادة استخدام مخلفات بدرة الفحم الطبيعي لتحويلها إلى فحم مضغوط ذي جودة وكفاءة عالية. تهدف هذه الدراسة للتعرف على مستوى كفاءة وجودة الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت في السودان ومدى جدواه البيئية والإقتصادية والإجتماعية، إستخدمت الدراسة المنهج التجريبي (التجربة العملية) ومنهج دراسة الحالة ، توصلت الدراسة إلى عدد كبير من النتائج أهمها أن صناعة الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت ذات جدوى إقتصادية وإجتماعية وبيئية كبيرة، بناءً على نتائج الدراسة جاءت توصياتها والتي أهمها، للحصول على منتج من الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت ذات جودة وتنافسية في السوق لا بد من التأكد من إستخدام مواد خام أولية (بدرة فحم) عالية الجودة ونقية من الشوائب مع ضرورة إستخدام مواد ربط طبيعية كالنشأ والصمغ.

الكلمات المفتاحية: كفاءة، فحم، مضغوط، الطلح، السنت

Abstract :

This study aimed to identify the efficiency and quality of recycled compressed charcoal produced from El-Talh and Acacia charcoal powder in Sudan, as well as its environmental, economic, and social feasibility. The study adopted an experimental methodology (practical experiments) and a case study approach. The study concludes with several key findings, the most important of which is that the production of recycled compressed charcoal from El-Talh and Acacia charcoal powder has substantial economic, social, and environmental feasibility. Based on the study's results, several recommendations were made, the most important of which is, to obtain a competitive and high-quality recycled compressed charcoal product from El-Talh and Acacia charcoal powder in the market, it is essential to ensure the use of high-quality raw materials (charcoal powder) that are free from impurities, along with the use of natural binding materials such as starch and gum.

Keywords : Efficiency; Charcoal; Compressed; El-Talh; Acacia.

حسن ازهـر، hassanazahir4@gmail.com

1.1 مقدمة:

واجهت البيئة مشاكل خطيرة في القرن العشرين تتعلق بمشكلة التلوث البيئي بمختلف المخلفات، ومن المتوقع أن يستمر التلوث في السنوات القادمة إذا لم تتضافر الجهود من كل الجهات لوقف هذا التدهور الذي سوف يهدد الحياة علي سطح الكرة الأرضية. أن تنامي الإهتمام في قضايا البيئة قد إنعكس من خلال برامج وحملات التوعية البيئية التي تقوم بها الجمعيات المهتمة بمجالات البيئة، فقد كان هناك إهتمام متميز في موضوع إعادة التدوير بين فئات المجتمع المختلفة ووسط طلاب المدارس وأعضاء الجمعيات البيئية وأصبح بمثابة ثقافة عامة في المجتمعات المتطورة. وقد وجد رجال الصناعة أنه إذا تم أخذ برامج التدوير بمأخذ الجد من الممكن أن تساعد في تخفيض تكلفة المواد الخام وتكلفة التشغيل، كما تحسن صورتهم كمهتمين دائمين بقضايا تلوث البيئة.

بدأت فكرة إعادة تدوير (recycling) المخلفات أثناء الحرب العالمية الأولى والثانية، حيث كانت الدول تعاني من النقص الشديد في بعض المواد الأساسية مثل المطاط، مما دفعها إلى تجميع تلك المواد من المخلفات لإعادة استخدامها. وبعد سنوات أصبحت عملية إعادة التدوير من أهم الأساليب المتبعة في إدارة النفايات الصلبة لما لها من فوائد إقتصادية وبيئية متعددة. وللسنوات عديدة أُعتبرت عملية إعادة التدوير المباشر عن طريق منتجي مواد المخلفات هو الشكل الأساسي لإعادة التدوير، ولكن مع بداية التسعينات من القرن الماضي بدأ التركيز على إعادة التدوير غير المباشر وهذا يعني تصنيع مواد النفايات لتقديم منتجات أخرى تعتمد على نفس المادة الخام مثل إعادة تدوير الورق والكرتون وبقايا الفحم والبلاستيك والمعادن وخاصةً الألمنيوم وغيرها من المواد التي يتم إعادة تدويرها حديثاً.

يقصد بإعادة التدوير مدي إمكانية الاستفادة من نفاية ما المفروض أنها في طريقها إلي التخلص منها بأحدي وسائل التخلص من النفايات المعروفة، والنفاية هذه من وجهة نظر منتجها عبارة عن ناتج معدوم القيمة، ومن الوجهة البيئية فأن إي إجراء يتخذ لإعادة الاستفادة من هذه النفاية مهما تكلف يعتبر فائدة كبيرة علي الأقل تقلل من كمية النفايات المحتقنة في البيئة وهذا في حد ذاته مكسب بيئي مهم، اذ يفوق أثر هذه العملية علي الإنسان والبيئة أي مكاسب مادية مهما كانت ضخمة، وفي نفس الوقت قد يفوق إجمالي الخسائر الناجمة عن عدم تدوير مادة ضارة بالبيئة، فالعبرة هنا ليس قيمة العائد الجاري من هذه العملية ولكن العبرة بالقيمة الاجتماعية والصحية والاقتصادية الكاملة التي سوف تعود علي المجتمع والبيئة حالياً ومستقبلاً مما يساهم في استدامة التنمية.

عموماً تنطوي عملية إعادة تدوير المخلفات على فوائد عديدة ومهمة منها:

- 1- خفض استهلاك الطاقة في الإعداد عند تدوير المواد بالمقارنة بإعداد المواد الخام.
- 2- المحافظة على الموارد الطبيعية وهي من المبادئ الأساسية التي تقوم عليها التنمية المستدامة (sustainable development) وخفض درجة التدهور البيئي الذي يحدث نتيجة استخراج المواد الأولية من المناجم وآبار النفط وقطع الأشجار.
- 3- التخفيف من قطع الأشجار وآثاره السلبية من حيث وقف التصحر، هذا فضلاً عن أن عملية التدوير تحد من استخدام الخشب كمادة أولية في صناعة الورق.
- 4- توفير فرص عمل للشباب والشابات وبالتالي التقليل من مستويات البطالة حيث أن مشروع إعادة التدوير قائم على الأيدي العاملة في مجال فرز النفايات العضوية عن غير العضوية ومن ثم فرز كل نوع من النفايات على حدا.
- 5- زيادة نشر الوعي البيئي لدى الأفراد حول ضرورة التطبيق الفعلي لإعادة التدوير وهذا يستدعي وجود طاقم للقيام بحملات التوعية البيئية .

1.2 مشكلة الدراسة:

جاءت هذه الدراسة للتعرف علي كفاءة وجودة صناعة الفحم المضغوط المعاد تدويره من بكرة الفحم المصنع من أشجار الطلح والسنت في السودان ومدى الاستفادة منه اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً ، ومن ثم الحد من مخاطرها البيئية خاصة في ظل عدم اهتمام الدولة لإتخاذ أي إجراءات لمعالجة تلك المخاطر الماثلة نتيجة تراكم وتناثر مخلفات بكرة الفحم خاصة في الأسواق المركزية في ولاية الخرطوم، وربما بسبب ثقل وزنها وعدم إصدارها روائح فأنه لا يتم إعطائها الأولوية في عملية النظافة مما يؤدي إلي تراكمها خاصة علي المداخل الرئيسة بالاسواق، هذا فضلاً عن تشكيلها عبئاً علي عمال جمع النفايات لثقل وزنها وصعوبة ضغطها في عربات النفايات مما يؤدي إلي أن تأخذ حيزاً كبيراً فيها عند نقلها لذلك تترك لأوقات طويلة متناثرة علي الطرقات دون جمعها حيث يؤثر لونها الأسود وتناثرها في الناحية النفسية والجمالية لمناطق انتشارها، في جانب ثاني توجد مشاكل مرور السيارات علي بقايا ومخلفات بكرة الفحم مما يؤدي إلي تصاعد سحابة سوداء من غبار بقايا الفحم ويؤثر علي نقاء الهواء المحيط بتلك المناطق متسبباً في المزيد من المخاطر الصحية لسكان ما حول تلك المناطق . كذلك توجد مخاطر أخرى سببها تراكم بقايا الفحم النباتي بالأسواق حيث ربما تحدث عملية اشتعال ذاتي لهذه المخلفات الفحمية نتيجة التركيز الكبير للكربون فيها مما يترتب عليها أثراً بيئية وصحية كبيرة.

1.3 فرضيات الدراسة:

- 1- إعادة تدوير بقايا الفحم النباتي تساعد في الحفاظ علي البيئة.
- 2- الأنواع المنتجة من مخلفات الفحم المصنع من اشجار الطلح والسنت ذات جودة وتنافسية.
- 3- توجد جدوى اقتصادية واجتماعية لتدوير بقايا مخلفات الفحم النباتي من اشجار الطلح والسنت

1.4 أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في الجدوى البيئية والاقتصادية في التخلص من بقايا بكرة الفحم المعاد تدويرها وجعلها ذات قيمة اقتصادية عالية ومشاريع للشباب وصغار المستثمرين، وخفض ظاهرة التلوث البيئي بمخلفات بكرة الفحم، كما يمكن رفع نتائج وتوصيات هذه الدراسة للجهات المسؤولة من عمليات إدارة النفايات في السودان مثل المجلس الأعلى للبيئة وكل الجهات المعنية لتمكينها من وضع تصور متكامل خاص بسياسات الطاقة والنظافة والبيئة لأن الفحم مصدر رئيس للطاقة المتجددة، مما يسهم في عملية استدامة التنمية في السودان.

1.5 أهداف الدراسة:

- 1- التعرف علي كيفية إعادة تدوير مخلفات بكرة الفحم النباتي وتحويلها إلي فحم مضغوط.
- 2- التأكد من كفاءة جودة الفحم المضغوط المعاد تدويره.
- 3- التعرف علي مدى تأثير الفحم المضغوط المعاد تدويره من بكرة فحم الطلح والسنت في الحفاظ علي البيئة.
- 4- الاستفادة من بقايا مخلفات بكرة الفحم بيئياً واقتصادياً .

1.6 منهجية الدراسة:

استخدمت الدراسة المنهج التجريبي والمنهج الوصفي التحليلي للوصول إلى النتائج.

1.7 الدراسات السابقة:

- 1- ياسر عبد العظيم محمد، يوليو 2011م، مشاكل صحة البيئة بالسوق المركزي الخرطوم الفترة من 2007 إلى 2010، بحث دبلوم عالي، معهد دراسات الكوارث واللاجئين، جامعة إفريقيا العالمية، غير منشور.
- 2- ناصر أحمد عمر محمد، يونيو 2008 م، الآثار البيئية والاقتصادية لبعض المخلفات الصناعية (دراسة مقارنة السودان / مصر)، بحث دكتوراه الفلسفة في العلوم البيئية، معهد الدراسات البيئية، جامعة الخرطوم، منشور.

3-آلاء مختار محمد أحمد، 2015 ، إستخدام المخلفات العضوية (بقايا الخضروات) سماداً عضوياً ودوره في حماية البيئة (دراسة حالة مشروع السليت الزراعي)، ورقة بحثية ماجستير، معهد دراسات الكوارث واللاجئين، جامعة إفريقيا العالمية، غير منشور.

1.7.1 التعليق على الدراسات السابقة:

إهتمت الدراسة الأولى بمشاكل صحة البيئة في السوق المركزي الخرطوم، في حين تناولت الدراسة الثانية الآثار البيئية والإقتصادية لبعض المخلفات الصناعية في دراسة مقارنة بين دولتي مصر والسودان، أما الدراسة الثالثة فقد ركزت على مسألة إستخدام المخلفات العضوية كأسمدة زراعية عضوية وتأثيرها على الإنتاج الزراعي ، في حين أن هذه الدراسة إهتمت بدراسة كفاءة وجودة الفحم المضغوط المعاد تدويره من بكرة فحم الطلح والسنت في السودان ومدى جدواه البيئية والإقتصادية والإجتماعية.

2. صناعة الفحم النباتي في السودان:

2.1 طرق ومخاطر صناعة الفحم النباتي في السودان:

يعرف الفحم النباتي بأنه، ذلك الفحم الذي يتم إنتاجه من الحطب عن طريق الحرق بمعزل عن الهواء، ويتميز بأنه أخف وزناً من الحطب وأعلى من حيث القيمة الحرارية ويمكن أن يستخدم لأغراض صناعية وفي محطات توليد الطاقة الكهربائية، إلا أن خطورته تكمن في أن معظم الفحم النباتي المستخدم في العالم ينتج بطرق تقليدية ملوثة للبيئة وتسبب نشر مئات الأطنان من الغازات السامة في الهواء الجوي. ويعتبر الفحم النباتي منتج مفضل لدى الكثير من المجتمعات الريفية وذلك لعدة أسباب أهمها الكلفة المنخفضة لعمليات إنتاجه وذلك لإعتمادها على مفاحم تقليدية بسيطة التركيب وسهلة التشغيل ، يبلغ حجم الفحم المنتج من الخشب أقل من نصف حجم الخشب الأصلي بينما قد يقل وزنه عن ثلث وزن الخشب المنتج منه وهذا يوفر مساحات التخزين ويسهل عمليات النقل لأغراض التجارة . ويحتوي الفحم على نسبة منخفضة من المياه التي تسبب حدوث دخان كثيف ومزعج عند الإحتراق كما يحصل في حالة الحطب، وتتم صناعة الفحم النباتي من الحطب بطريقتين¹:

أ. الطريقة الأولى :

تتم عن طريق التحميم في مجموعات (أكوام) مدفونة بالتراب وتتم هذه العملية من خلال تجميع كميات من الحطب يتم ترتيبها بشكل منظم ومتراص إما عمودياً أو أفقياً مع التأكد من عدم وجود فجوات كبيرة بين الحطب حيث تغطي مجموعة الحطب من البداية بطبقة من التربة ، ثم تترك فتحة

1 أحمد عبد الوهاب عبد الجواد، تكنولوجيا تدوير النفايات، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الأولى 1997

في أعلاها لتعمل كمدخنة، مع إبقاء مساحة صغيرة من مجموعات الخشب مكشوفة وذلك لإشعال النار فيها، وبعد عدة ساعات من اشتعال المجموعة يتم إغلاق المدخنة ثم تترك مجموعة الحطب المتفحم مدة قد تصل من 20 إلى 30 يوماً وعند إنتهاء عملية التفحيم يتم إزالة طبقة التربة بطريقة جزئية حتى لا يؤدي دخول الهواء بشكل مفاجئ إلى اشتعال الفحم، ويمكن إزالة الغطاء الترابي على عدة أيام مع رش كميات قليلة جداً من المياه لأن الفحم يفقد جزء من قيمته إذا تم تبريده بالمياه.

ب- الطريقة الثانية:

تسمي طريقة التفحيم الحديثة أو التقطير الحراري للخشب وتتم هذه العملية بأن توضع الأخشاب في وعاء معدني ضخيم بحيث تستعمل كميات من الحطب أو أي نوع من أنواع الوقود الرخيصة في تسخينه إلى درجات حرارة لا تقل عن 350 درجة مئوية، وتستمر عملية التسخين لعدة ساعات وتختلف من نوع حطب إلى آخر وينتج عن عملية التقطير سائل يسمى القطران وهو سائل مفيد في بعض التطبيقات الصناعية والطبية، وعند إنتهاء عملية التفحيم يبرد الفحم دون ملامسة المياه بشكل مباشر ثم يتم تصنيفه حسب حجم القطعة ثم يعبأ في أكياس ورقية أو يترك في حاويات كبيرة تمهيدا لإرساله إلى التخزين.

يستعمل الفحم النباتي أو فحم الحطب بشكل كبير في المناطق الريفية في التدفئة، وفي إعداد الطعام حيث تشير الدراسات التي أجرتها منظمات الأمم المتحدة إلى أن أكثر من مليار شخص يعتمدون علي الحطب والفحم النباتي في توفير الطاقة اللازمة للطبخ والتدفئة في ريف العالم الثالث، كما يستعمل في بعض الدول التي لديها فائض في الخشب في توليد الطاقة الكهربائية أو في توليد البخار في بعض المصانع وبمساعدة منظمة الصحة العالمية وبعض الهيئات الدولية الأخرى أطلقت كثير من الدول النامية مشاريع لتطوير صناعة الفحم على أراضيها لتكون أكثر صداقة للبيئة في محاولة للحد من التلوث البيئي والأضرار الصحية التي تسببها هذه الصناعة².

2.2 خواص الفحم النباتي الناتج عن اشجار الطلح والسنت في السودان:

تنحدر أشجار الطلح والسنت من عائلة واحدة وهي القرصية (الطحلية)، لذلك يتشابه الفحم المنتج منهما، وشجرة الطلح شجرة شوكية يصل إرتفاعها إلى 10 أمتار ويمكن تمييزها من مسافات بعيدة بلحاءها الرقيق ذي اللون البني المحمر وأزهارها الصفراء العطرية، وتنتشر في التربة الطينية المتشققة وتوجد في غابات نقية حيث الأمطار ما بين 500 – 1000 مم/سنة، تتعدد إستخدامات نبات

2 خالد مصطفى قاسم ، إدارة البيئة والتنمية المستدامة في ظل العولمة المعاصرة، الدار الجامعية ، الإسكندرية 84 شارع زكريا غ نيم الابراهيمية، الطبعة الثانية 2010 م، ص 72.

الطلع فأزهارها غذاء للنحل، ولحاءها للدباغة الجلود وكذلك دواء للأمراض الجلدية و صمغها يدخل في كثير من الصناعات أهمها الدواء، حطبها يستخدم في أدوات الزينة للمرأة في السودان، كما يعتبر نبات الطلع أهم مصدر للفحم الجيد في السودان ويمتاز بوزنه الثقيل وملامسه الخشن من الخارج وذلك بسبب إلتصاق القشرة المتفحمة عليه ويحتاج إلي 5 دقائق حتى يبدأ الاشتعال ولا يصدر دخان أثناء إشتعاله ويبقى متماسكاً لا يتفتت كما يتميز بحرارة نوعية منخفضة وحرارة إشتعال عالية.

أما شجرة السنط فهي شجرة شوكية لها لحاء أسود متشقق يصل طولها إلى 15 متر، لها أزهار ذات لون ذهبي أصفر فاقع، تنتشر في شمال ووسط السودان علي شريط النيل الأبيض، أهم إستخدامات نبات السنط إنتاج العسل، كما يستخدم خشبه لإنتاج فلنكات السكة حديد وصناعة السواقي وبعض المعدات الزراعية، ثمار السنط (القرض) تستخدم كأصباغ في الصناعة وعلف للحيوانات، أما فحم السنط يماثل فحم الطلع في الخواص لذلك يعتبر فحم نباتي الطلع والسنط من أفضل أنواع الفحم لتجار الفحم والمستخدمين له لذلك تم إستخدامه في التجارب العملية كمرجع للمقارنة مع الفحم المضغوط المنتج من بقايا الفحم النباتي³.

2.3 كيفية صناعة الفحم المضغوط:

توجد طريقتين لإنتاج الفحم المضغوط هما :

أ- الطريقة الأولى: ويتم فيها إنتاج الفحم المضغوط بخلط 100 جرام مسحوق الفحم مع 5 % من مسحوق الأرز الذي سبق طبخة في 50 جرام من الماء خلطاً جيداً حيث يعمل مطبوخ الأرز كمادة لاصقة جيدة للفحم، يضغط الخليط داخل قوالب خاصة ويترك ليحفظ ، حيث يستخدم بديلاً مناسباً عن فحم المكامير المعروف بفحم الحطب، ويمكن في بعض الحالات إضافة 3 % من كلوريد الصوديوم لإكساب الخليط المنتج مظهراً لامعاً ثم يتم كبس العجينة الناتجة في شكل قوالب مختلفة التصميم يمكن أن تكون على شكل فرع شجرة أو متوازي مستطيلات أو قرص دائري أو مكعب أو إي شكل يفضل المستهلك كبديل عن فحم الأشجار ويسهل تخزينه، يمكن إستخدام الفحم المضغوط كوقود في المنازل والمطاعم والفنادق وغيرها.

ب- الطريقة الثانية: وتستخدم في حال عدم توفر خشب الأشجار الضخمة أو في حال توفر كميات كبيرة من مسحوق الفحم الناتج عن عمليات التقطير الحراري للحطب، وفي هذه الطريقة يتم خلط مسحوق الفحم بالماء ثم يضغط بعد خلطة بمادة لاصقة ويمرر الخليط من خلال قوالب خاصة

3 الطيب احمد المصطفي حياتي، الموارد البيئية والتنمية في السودان، مركز الدراسات الإستراتيجية، الخرطوم، الطبعة الأولى 1

لإنتاج قطع الفحم المضغوط التي تجفف بتيار هوائي أو في فرن مخصص لهذا الغرض، ويمكن تسويق هذه القطع كبديل عن الفحم النباتي الطبيعي.

توجد عدة عوامل مؤثر في جودة الفحم المضغوط مقارنة بجودة الفحم النباتي المصنع من الأشجار، هذه العوامل هي سرعة إشتعاله والغازات والروائح الناتجة عن الإشتعال وحجم قطعه الفحم ومقاومتها للكسر أثناء عمليات النقل والتخزين كذلك حجم الرماد الناتج عنه، كل هذه العوامل تعتبر أساسية في عملية تسويق الفحم المضغوط، كما وان هناك عوامل تحدد هذه الجودة وهي نوع الحطب حيث تعتمد جودة الفحم بشكل كبير على نوع الحطب المستخدم في إنتاجه، ويعتبر فحم الحمضيات من أفضل أنواع الفحم النباتي على الإطلاق وعليه يتوقع أن يكون أنواع الفحم المضغوط الناتجة عن بقاياها من الجودة بمكان.⁴

3. الدراسة العملية:

3.1 وصف التجارب العملية لإنتاج الفحم المضغوط:

تعتمد فكرة تحويل بقايا الفحم النباتي إلى فحم مضغوط في أبسط صورها علي توفير مساحة حوالي 300 متر مربع محاطة بالأسوار و بها المصادر الخدمية من مياه وتهوية وكهرباء وصرف صحي، كما لابد من عمال ذوي خبرة تتأتي من خلال العمل في مشروع مشابه أو التدريب العملي في أحدي المصانع أو جهات التدريب وأن يكونوا علي دراية بتسويق الفحم المضغوط.

يتم طحن بقايا الفحم بواسطة طاحونة خاصة صممت لهذا الغرض ويتم تحويلها إلي بكرة، ثم تضاف الماء إلي بكرة الفحم بنسبة الثلث ثم قليل من المادة الرابطة وبواسطة الخلاط يخلط المزيج (بكرة الفحم + الماء + المادة الرابطة) لمدة خمس دقائق حتى يصبح المزيج وحدة واحدة، وبواسطة المكبس يشكّل الخليط إلي أشكال اسطوانية، ثم تجفف القطع الاسطوانية للفحم المضغوط بواسطة الشمس.

أما من ناحية المعدات المطلوب توافرها فهي تشمل الآتي:

- 1- مطحنة لطحن بقايا الفحم وجعلها في صورة بكرة
- 2- خلاط لخلط بقايا الفحم النباتي مع الماء والمادة الرابطة.
- 3- مكبس كهربائي لكبس وتشكيل خليط الفحم والماء والمادة الرابطة إلي أشكال (اسطواني، سداسي، مربع، مكعب .. الخ) .
- 4- تجفيف شمسي أو مجفف .

4 فوزي العمروسي، المخلفات العضوية كنز لا يفتى، مجلة البترول والعلوم والبيئة، العدد السادس، يونيو 2014، ص(5).

5- تعبئة يدوية للمنتج في أكياس.

3.2 إختبارات جودة المنتج المعاد تدويره (الفحم المضغوط)

لرفع جودة الفحم المضغوط المصنوع من بدرة فحم الطلح والسنت، يجب تحسين عدة عوامل تتعلق بالكفاءة الحرارية، الصلابة، زمن الاحتراق، وانخفاض نسبة الدخان والرماد. عموماً للحصول على فحم مضغوط عالي الجودة، يجب التركيز على تحسين المواد الخام، ضبط حجم الجسيمات، استخدام مواد رابطة جيدة، زيادة كثافة الفحم، تقليل الرطوبة، وتحسين الاحتراق. باستخدام هذه التقنيات، سيتم الحصول على فحم مضغوط يدوم أطول، يحترق بكفاءة أعلى، ويترك رماداً أقل، مما يجعله أكثر جاذبية في الأسواق.

3.3 نتائج الدراسة العملية:

3.3.1 الخواص الظاهرية للفحم النباتي المضغوط (المعاد تدويره):

لجعل الفحم المضغوط من بدرة فحم الطلح والسنت أكثر جاذبية لا بد من التركيز على تحسين الشكل والتناسق، الحصول على سطح أملس، تعزيز اللون الأسود اللامع، تعبئة المنتج بطريقة جذابة، وإزالة أي روائح غير مرغوبة، بهذه الطريقة سيتم جذب العملاء وتزداد فرص نجاح المنتج في السوق. عموماً تساعد الأشكال الأسطوانية المنتظمة للفحم المضغوط الناتج عن إعادة تدوير بدرة فحم الطلح والسنت على سهولة حفظه وتغليفه وتخزينه لحين تسويقه، كما تساهم تلك الأشكال ذات المظهر المنتظم في جذب إنتباه مستخدميه بالتالي تسويق كميات أكبر خاصة أن هذا النوع من الفحم له من الخواص الفيزيائية والكيميائية ما يجعله مرغوباً في الإستخدام المنزلي حيث إنه يتميز بعدم إنتاجه أثر الكربون الأسود في اليدين أو الملابس، وإن أشكاله منتظمة ليس بها كسر، كما أنه لا يصدر رائحة أو دخان عند حرقه ولا يصدر أي طقطقة أو شرار عند إشتعاله لعدم إحتوائه على فراغات.

3.3.2 نسبة الرماد وزمن الإحتراق للفحم النباتي المعالج من بدرة فحم الطلح والسنت مقارنة بالفحم المضغوط:

أُستخدم الميزان الإلكتروني لوزن قطع الفحم المضغوط، والفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح وبدرة فحم السنت، ووضعت قطعة الفحم المضغوط علي موقد بنزن وحُسب زمن احتراقها بواسطة ساعة الإيقاف ثم وُزن الرماد الناتج من الاحتراق بواسطة الميزان الإلكتروني حُددت نسبته وكُمرت التجربة السابقة ثلاثة مرات ثم حُسب المتوسط و كُمرت نفس الخطوات السابقة مع الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم نبات الطلح وفحم نبات السنت للمقارنة مع الفحم

المضغوط والتأكد من جودة الفحم المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت، وحصل علي النتائج الآتية في جدول (1) أدناه:

جدول رقم (1) نتائج تجربة متوسط الرماد وزمن الإحتراق الكامل والإشتعال للفحم النباتي المضغوط والفحم المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت:

نوع الفحم	متوسط وزن قطعة الفحم قبل الحرق	متوسط وزن الرماد الناتج بالجرام	متوسط نسبة الرماد الناتج %	متوسط زمن الاحتراق بالساعة
فحم مضغوط	50.93	3.44	%6.73	h/5:04
فحم مضغوط من بدرة فحم الطلح	51.66	4.09	%7.93	h/5:00
فحم مضغوط من بدرة فحم السنت	51.89	1.56	%3.00	h/4:48

المصدر: التجربة العملية 2023م

وُجد بالتجربة العملية إن متوسط زمن حرق الفحم المضغوط أكبر من المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح وبدرة فحم السنت وهذا يدل علي أنه للفحم المضغوط زمن إحتراق أكبر من الأنواع الأخرى المقارنة ، مما يعني تمتعه بجودة عالية. وبناءً على القاعدة "كلما زاد زمن الحرق كلما كانت جوده الفحم أعلي" لأنه يبقى لفترات طويلة بالتالي تكون الإستفادة منه أكبر حيث يصبح مصدراً إقتصادياً للطاقة ويمكن إستخدامه كوقود وبالتالي يمكن تصنيف الفحم المضغوط بأنه أعلى جودة يليه الفحم المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح ثم المعاد تدويره من بدرة فحم السنت بناءً على زمن الحرق الموضح في جدول (1) أعلاه.

ولتحسين خواص الفحم المضغوط المصنع من مخلفات الطلح او السنت من ناحية زيادة المدة الزمنية للإحتراق مع كفاءة حرارية عالية حتى يصبح ذو تنافسية في السوق، لابد من تحسين عدة عوامل تؤثر على سرعة الإحتراق وكفاءة الفحم وإستخدام بعض الأساليب والطرق المفيدة في هذا المجال مثل رفع الكثافة، تقليل المواد المتطايرة، تحسين تصميم القوالب، ضبط عملية التفحيم في الخام المنتج، تقليل المسامية، والتحكم في الرطوبة.

في جانب مختلف، وُجد أيضاً بالتجربة العملية أن متوسط نسبة الرماد للفحم المضغوط أكبر من المعاد تدويره من بدرة فحم السنط وأقل من المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح وهذا يدل على أن مخلفات الرماد الناتجة عن حرق الفحم المضغوط تمثل حالة وسيطة مقارنة مع النوعين الآخرين من الفحم النباتي.

وبناءً على القاعدة "كلما كانت نسبة الرماد منخفضة كلما كانت العينة علي درجة عالية من الجودة" لأن ذلك يدل على الإحتراق الكامل لها وتحويلها إلى رماد ، وفي هذا دلالة على جودة الفحم المعالج أو الناتج ..وبناءً على تلك القاعدة والنتائج العملية في الجدول (1) أعلاه، يمكن إستنتاج أن نوعية الفحم الناتج المعاد تدويره من بدرة فحم السنط تمثل أعلى جودة من ناحية نسبة الرماد تليها الفحم المضغوط ثم المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح ..

عليه بناءً على النتيجة أعلاه، يمكن القول أن أنواع الفحم المضغوط المصنع من بدرة فحم السنط أكثر جودة من تلك المصنع من بدرة فحم الطلح أو المضغوط ويمكن الإستفادة منه كمنتج ذو جودة عالية وإقتصادي ويحافظ على البيئة. أما بالنسبة للفحم المصنع من بدرة فحم الطلح فيمكن تحسين جودته وتخفيض نسبة الرماد في هـ من خلال تقليل المواد غير القابلة للإحتراق وإختيار عمليات تصنيع محسّنة للخام، وتتم هذه العملية من خلال بعض المعالجات، مثل اختيار مواد خام (بدرة) نظيفة خالية من الشوائب، إستخدام مواد رابطة قابلة للإحتراق، زيادة ضغط الكبس، وتقليل الرطوبة. هذه العوامل ستساعد في إنتاج فحم عالي الجودة، قليل الرماد، وأكثر كفاءة في الإحتراق.

3.3.3 الحرارة النوعية بطريقة الخلط:

تعرف الحرارة النوعية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة .

عند خلط نظامين حراريين في درجتي حرارة مختلفتين فإنه بعد فترة يصل الخليط إلى حالة (إتزان حراري) أي تتساوي درجتي حرارة النظامين نتيجة إنتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد وتكون كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة.

$$m_b c_b (\theta_f - \theta_m) = (m_w c_w + m_c c_c) (\theta_m - \theta_i)$$

وبوضع الحرارة النوعية للجسم الصلب موضع القانون نحصل علي المعادلة أدناه:

$$c_b = \frac{(m_w c_w + m_c c_c) (\theta_m - \theta_i)}{m_b (\theta_f - \theta_m)}$$

بناء على ما ذكر أعلاه، تم استخدام الميزان الإلكتروني وُجدت كتلة كل من قطعة الفحم المضغوط (m_b) ، المسعر وأداة التحريك (m_c) ، وكمية مناسبة من الماء (m_w) ، وسُجلت درجة حرارة الماء (θ_i) ، ودرجة غليان الحمام المائي (θ_f) ، ثم وُضعت قطعة الفحم المضغوط داخل الحمام الماء لمدة خمسة دقائق حتى اكتسبت درجة حرارة الماء الساخن ثم أُسقطت قطعة الفحم المضغوط داخل المسعر المحتوي علي الماء في درجة حرارة الغرفة ثم قُلب الخليط باستخدام أداة التحريك ثم سُجلت درجة حرارة الخليط (θ_m) ، كُريت الخطوة السابقة ثلاثة مرات باستخدام أوزان مختلفة من الفحم المضغوط، وكُريت الطريقة السابقة مع الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح وبدرة فحم السنط، وتم أخذ المتوسط في كل حالة، وحُصل علي النتائج التالية في جدول (2).

جدول رقم (2) نتائج تجربة الحرارة النوعية بطريقة الخلط:

نوع الفحم	متوسط وزن الفحم (m_b) kg	متوسط وزن الماء (m_w) kg	متوسط المسعر وأداة التحريك (m_c)	متوسط درجة حرارة الفحم ساخن (θ_f)	متوسط درجة حرارة الماء بالكلفن (θ_i)	متوسط درجة حرارة الخليط (θ_m)	متوسط الحرارة النوعية J/Kg.K
فحم مضغوط	0.0264	0.1200	0.0384	370.33	302	305	942
فحم مضغوط من بدرة فحم الطلح	0.0237	0.1259	0.0384	369.67	297.33	301	1285
فحم مضغوط من بدرة فحم السنط	0.0303	0.1212	0.0384	370	301.33	306.33	1428

المصدر: التجربة العملية 2023م

بناء على تعريف الحرارة النوعية أعلاه، وبما أنه يوجد تناسب عكسي بين الحرارة النوعية وسرعة الاشتعال "فبارتفاع الحرارة النوعية تقل سرعة الاشتعال وبإنخفاضها ترتفع سرعة الاشتعال"، وُجد بالتجربة العملية أن الحرارة النوعية للفحم النباتي المضغوط اقل من بقية أنواع الفحم الأخرى

(المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنت) وهذا يعني ان اقل حرارة تؤدي إلي إشتعال الفحم النباتي المضغوط، وفي هذا دلالة واضحة علي جودته، يليه الفحم المضغوط المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح ثم يأتي بعده الفحم المعاد تدويره من بدرة فحم السنت كما موضح في جدول (2) أعلاه، مما قد يضعف من جودة وتنافسية النوعين الاخيرين في السوق. ولتخفيض حرارتهما النوعية وتحسين جودتهما يجب التركيز على تغيير تركيب الفحم بحيث تقل الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارته أثناء الاحتراق بتقليل الكربون الثابت، فضلاً عن زيادة المواد المتطايرة، استخدام مواد رابطة ضعيفة الاحتراق، وتصميم الفحم بشكل أكثر مسامية، هذه العوامل ستجعل الفحم يسخن بسرعة لكنه يحترق عند درجة حرارة أقل، وهو مفيد في بعض التطبيقات مثل الطهي البطيء أو التدفئة المنخفضة.

اما اذا أُريد تحسين جودة الفحم المضغوط المصنوع من بدرة فحم الطلح والسنت من ناحية خفض درجة الإشتعال، فيجب في هذه الحالة تحسين تركيبته بحيث يبدأ الاحتراق عند درجة حرارة أقل ذلك لأن حرارة الإشتعال هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها الفحم بالاحتراق تلقائياً، وخفضها يعني تسهيل عملية الإشتعال وبالتالي ضمان تحسين جودته ، عليه وللحصول على درجة إشتعال مناسبة يجب زيادة المواد المتطايرة، استخدام مواد رابطة قابلة للإشتعال، إضافة محفزات مثل نترات البوتاسيوم، تقليل الكثافة، وتجفيف الفحم جيداً ، بهذه الطريقة سيشتعل الفحم عند درجة حرارة أقل وبشكل أسرع، مما يجعله أكثر كفاءة في الاستخدام اليومي.

3.3.4 حرارة الإحتراق:

يقصد بحرارة الإحتراق كمية الحرارة الناتجة عن حرق قطعة الفحم المختبرة وتحسب بناءً عليها حرارة إحتراق كيلوجرام واحد من الفحم $kJ/kg.k$.

كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الفحم المتوهجة تساوي كمية الحرارة التي إكتسبها الماء

$$Q = (m_w c_w + m_c c_c)(\theta_m - \theta_i)$$

Q: حرارة الإحتراق

(Cw): الحرارة النوعية للماء 4200 J/kg.k

(m_w) : كتلة الماء Kg.

(Cc): الحرارة النوعية للمسعر.

(m_c) : كتلة المسعر وأداة التحريك.

(θ_m) : درجة حرارة الخليط.

(θ_i) : وسُجلت درجة حرارة الماء.

لحساب حرارة الإحتراق أُستخدم موقد بنزن لإحتراق ثلاثة أوزان متساوية من الفحم المضغوط ولمدة نصف ساعة حتى توهجت قطعت الفحم المضغوط، وأُستخدم الميزان ذو الكفة الواحدة لحساب وزن الماء (m_w) ووزن المسعر وأداة التحريك (m_c) ، كما أُستخدم الثيرموميتر لقياس درجة حرارة الماء (θ_i) ، كما أُستخدم المشبك لوضع قطعة الفحم بالمسعر، حُسبت درجة حرارة الخليط (الماء البارد و قطعة الفحم الساخن) (θ_m) و كُررت الخطوات السابقة ثلاث مرات مع الفحم المضغوط المصنع من بدرة فحم الطلح وبدرة فحم السنط وتم أخذ المتوسط لكل العينات ، وحُصل علي النتائج التالية :

جدول رقم (3) حرارة الإحتراق:

نوع الفحم	متوسط وزن المسعر وأداة التحريك (m_c) kg	متوسط وزن الماء (m_w) kg	متوسط درجة حرارة الماء بالكلفن (θ_i)	متوسط درجة حرارة الخليط بالكلفن (θ_m)	متوسط حرارة الإحتراق J/Kg.K
فحم مضغوط	0.0365	0.1138	303	330	14859
فحم مضغوط من بدرة فحم الطلح	0.0365	0.1142	300.67	325.67	12810
فحم مضغوط من بدرة فحم السنط	0.0365	0.1138	301	325	12268

المصدر: التجربة العملية 2023م

بناءً على تعريف حرارة الإحتراق أعلاه ، والتناسب الطردي بين حرارة الإحتراق وكتلة قطعة الفحم المحترقة ومدى تماسك جزيئاتها (عدم وجود فراغات هوائية)، وُجد بالتجربة العملية أن حرارة الإحتراق للفحم النباتي المضغوط أكبر من بقية أنواع الفحم الأخرى (المعاد تدويره من بدرة فحم الطلح والسنط) وهذا يعني أن الفحم المضغوط ينتج حرارة أعلى من النوعين الآخرين أي انهما اقل

جودة من المضغوط على الرغم من إعتبارهما من أفضل وأجود أنواع الفحم النباتي المنتج في السودان، ذلك ربما يرجع لعدم جودة الخام (بدره فحم الطلح والسنت) المستخدم وكثرة الشوائب بها.

ولتحسين جودة الفحم المضغوط المصنوع من بدره فحم الطلح والسنت وزيادة قيمته الحرارية. "حرارة الاحتراق" (Calorific Value) والتي تعتمد على كمية الطاقة التي يطلقها الفحم عند احتراقه، يمكن تحسين عملية التصنيع وإختيار المواد الخام والمواد المضافة حيث يتطلب تحسين جودة الفحم المضغوط من بدره فحم الطلح والسنت الجمع بين ، تقليل الرطوبة، إستخدام مواد رابطة قابلة للاحتراق، وزيادة الضغط أثناء التصنيع. يمكن أيضاً إضافة محفزات احتراق، وإختيار أشكال مضغوطة بتصميم يسمح بدخول الهواء لضمان احتراق أكثر كفاءة ودرجة حرارة أعلى ..

3.4 الجدوى الاقتصادية والاجتماعية والبيئية:

تتداخل مسائل الجدوى البيئية والاقتصادية والاجتماعية في مثل هذا النوع من المنتجات الحيوية وتتشابك فيما بعضها البعض بشكل كبير وواضح ذلك لإرتباط هذه المحاور فيما بينها وتداخلها بشكل مباشر وغير مباشر، فكما للجدوى البيئية انعكاساتها الاجتماعية والاقتصادية، أيضاً للاقتصادية والاجتماعية تأثيراتها البيئية لذلك تصبح مسألة الفصل بينها من الصعوبة بمكان ..

بالنسبة لجدوى الاجتماعية لاستخدام الفحم المضغوط من بدره فحم الطلح والسنت نجدها كبيرة ومتعددة الأبعاد حيث يمكن أن يساهم هذا النوع من المشروعات أو الإستثمارات في:

أ- توفير فرص عمل وتحسين الظروف المعيشية.

ب- تحسين الصحة العامة وجودة الحياة.

ج- تعزيز الإستدامة البيئية والوعي البيئي.

د- تمكين المجتمعات المحلية وبناء القدرات.

وعليه لا تعتبر مثل هذه المشروعات ذات تأثيرات إقتصادية وبيئية فقط ، بل هي أيضاً ذات تأثيرات إجتماعية إيجابية، حيث تعزز فرص العمل، وتحسن مستوى المعيشة، وتنشر الوعي البيئي، وتدعم المجتمعات الريفية، مما يجعلها خياراً مستداماً على كافة الأصعدة.

أما الجدوى الاقتصادية لاستخدام الفحم المضغوط من بدره فحم الطلح والسنت تعتبر عالية إذا تمت إدارة العملية بشكل صحيح، حيث أنه من خلال هذا النوع من الإستثمارات يمكن تحقيق أرباح جيدة حسب شروط معينة منها:

أ- تقليل تكاليف المواد الخام.

ب- تحسين جودة المنتج لزيادة قيمته التسويقية.

ج- إستهداف الأسواق المحلية والدولية.

د- ال إستفادة من الدعم الحكومي والحوافز البيئية.

هـ- الإستفادة من القيمة المضافة التي يوفرها الفحم المضغوط مقارنة بالبدايل الأخرى.

هذا فضلاً عن أن هذا المشروع يعتبر نموذجاً للتنمية المستدامة التي تعود بالفائدة على المجتمع والبيئة معاً، حيث يعد هذا المشروع صديقاً للبيئة ويساهم في تحقيق ال إستدامة، مما يزيد من قيمته ال إقتصادية وال إجتماعية.

بالنسبة لجدوى البيئية ، يعتبر إستخدام الفحم المضغوط من بدرة فحم الطلح والسنط ذي جدوى بيئية كبيرة ومتعددة الأبعاد ، حيث يمكن أن يساهم هذا المشروع في:

أ- تقليل النفايات الزراعية وال إنبعاثات الضارة.

ب- الحفاظ على الغابات والتنوع البيولوجي.

ج- تقليل البصمة الكربونية ودعم ال إستدامة البيئية.

د- تحسين إدارة الموارد الطبيعية وجودة التربة.

وهذا يعني أن إستخدام الفحم المضغوط من بدرة فحم الطلح والسنط له جدوى بيئية كبيرة مقارنة بالفحم التقليدي المستخرج من الأشجار الحية ذلك لانه يمثل بديلاً بيئياً مستداماً، حيث يقلل من إزالة الغابات، ويحد من تلوث الهواء، ويعزز إستخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة، لذلك يعد خياراً مثاليّاً لتحقيق التوازن بين التنمية ال إقتصادية وحماية البيئة، بالإضافة إلى ذلك، يعتبر هذا المشروع نموذجاً للتنمية المستدامة التي تعود بالفائدة على البيئة والمجتمع معاً.

4. الخاتمة النتائج والتوصيات:

تكمن أهم مخاطر الفحم النباتي والذي يتم أنتاج النسبة الأكبر منه في المناطق الريفية في السودان بطرق تقليدية وهذه الطرق تشكل خطراً كبيراً على الصحة العامة والبيئة، فعمليات التفحيم تتم في مفاحم غير محكمة الإغلاق ضارة بالبيئة والصحة، كما أن نقل الفحم النباتي وتخزينه يؤدي إلى تكسر جزء منه وإنتاج كميات ليست بالقليلة من مسحوق الفحم الناعم الذي يمكن أن يتطاير في الجو مسبباً تأثيرات صحية خطيرة على الجهاز التنفسي. لذلك كان لابد من التفكير في استغلال هذه المخلفات من الفحم، إضافة إلى الكم الهائل من مخلفات زراعه القطن والقصب في المناطق الريفية المختلفة والإستفادة منها في صناعة الفحم المضغوط الذي يمكن

إستغلاله كبديل منافس للفحم الذي تتم صناعته من أخشاب الأشجار في جانب، وفي جانب آخر الحفاظ علي البيئة من المخاطر التي تهددها نتيجة إزالة مساحات كبيرة من تلك الأشجار.

توصلت هذه الدراسة إلى عدد من النتائج أهمها:

يعتبر الفحم المضغوط المعاد تدويره من بذرة فحم الطلح والسنت ذو جودة عالية وتنافسية في السوق لعدة أسباب كالآتي:

أ. يتميز بزمان إحتراق طويل يتراوح بين 2-4 ساعات.

ب. يحتوي على نسبة رماد منخفضة نسبيا مما يجعله نظيفاً وفعالاً.

ج. يحتوي على نسبة رطوبة أقل مما يضمن إحتراقاً دون إطلاق دخان.

د. القوالب المضغوطة تكون متماسكة ولا تنكسر بسهولة.

هـ. يمكن إستخدامه في التدفئة المنزلية والصناعية.

و. لا يطلق روائح كريهة أو دخان لذلك يستخدم في الشواء.

ز. يقلل من مخاطر التلوث البيئي والإنبعاثات.

ح. يقلل من تدهور البيئة.

ط. ذو جدوي اقتصادية واجتماعية عالية.

بناءً على نتائج الدراسة جاءت توصياتها:

أ. ضرورة إجراء مزيد من الأبحاث لزيادة كفاءة وجودة المنتج من الفحم المضغوط المعاد تدويره من فحم الطلح والسنت.

ب. يجب فتح المجال لهذا النوع من الإستثمارات وإدخال أنواع أخرى من بذرة الفحم.

ج. ضرورة عمل أبحاث لتوسيع دائرة إستخدام بذرة الفحم في مجالات أخرى كصناعة الطوب الخفيف أو كمحسن للتربة.

د. ضرورة التأكد من الحصول على بذرة فحم عالية الجودة.

هـ. لابد من إستخدام مواد رابطة طبيعية مثل النشا أو الصمغ مع مراعاة نسبة خلطها من وزن بذرة الفحم.

و. العمل على إضافة كمية مناسبة من الماء للحصول على عجينة متجانسة.

ز. ضرورة إستخدام آلة ضغط لتحويل الخليط الى قوالب مضغوطة مع التأكد أن الضغط كاف لضمان تماسك القوالب ومنع تكسرها.

ح. يجب إستخدام التجفيف الشمسي أو المجففات الصناعية.

- ط. العمل على إستخدام أكياس ورقية أو بلاستيكية للتعبئة مع إحكام غلقها.
- ي. ضرورة التركيز على الأسواق المحلية مع تقديم أسعار تنافسية للمنتج.
- ك. لابد من الإلتزام بالمعايير البيئية والصحية في عملية الإنتاج.

5. المراجع:

1. حياتي ، الطيب احمد المصطفي ، 1998 م، الموارد البيئية والتنمية في السودان، الطبعة الأولى، مركز الدراسات الإستراتيجية، الخرطوم، السودان.
2. عبد الجواد، أحمد عبد الوهاب ، 1997، تكنولوجيا تدوير النفايات، الطبعة الأولى ، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
3. قاسم، خالد مصطفى ، 2010م، إدارة البيئة والتنمية المستدامة في ظل العولمة المعاصرة، الطبعة الثانية ، الدار الجامعية ، الإسكندرية 84 شارع زكريا غنيم الإبراهيمية.
4. العمروسي ، فوزي ، يونيو 2014 ، المخلفات العضوية كنز لا يفنى ، مجلة البترول والعلوم والبيئة، العدد السادس.