تصنيف الفحم الخشبي المتواجد في الأسواق السورية حسب طاقة الإحتراق والحرارة النوعية

إحسان علي الموصللي*

الملخص

يُعد الفحم الخشبي مصدراً مهماً من مصادر الطاقة، خاصة بعد الإرتفاع المذهل لأسعار مصادر الطاقة الأُخرى. تُعد الغابة المصدر الطبيعي المستدام للأخشاب وإن تصنيف الفحم الخشبي لا زال تجارياً وينقصه التوثيق العلمي لتحديد جودته. هدف هذا البحث إلى دراسة طاقة الإحتراق والحرارة النوعية والخصائص الظاهرية لمعظم أنواع الفحم الخشبي المتواجدة في الأسواق السورية من أخشاب السنديان والبلوط والصنوبر والخرنوب والقطب والآس والكرمة والتين والغار واللوز والأوكاليبتوس وبعض الأنواع المستوردة بغية تصنيف تلك الأنواع من حيث الجودة وتحديد الكفاءة الحرارية لكل نوع . بينت نتائج البحث أن فحم خشب الآس هو الأجود يليه فحم أخشاب اللوز والغار، بينما كان فحم خشب الأوكاليبتوس هو الفحم الرديء بإعتباره ضعيف العطاء الحراري وبطيء الاشتعال، ويعطي دخاناً له رائحة أثناء اشتعاله. ومن المهم وضع ضوابط، لتوضيح النوعية والجودة للفحم الخشبي المعروض في الأسواق، وإن ما ينطبق على الفحم الخشبي ينطبق تماماً على الأخشاب الجافة .

الكلمات المفتاحية: فحم خشبي، حرارة الإحتراق، الحرارة النوعية، الخصائص الظاهرية، السنديان، البلوط، الصنوبر، الخرنوب، القطب، الآس، الكرمة، التين، الغار، اللوز، الأوكاليبتوس.

* أُستاذ مساعد ، قسم العلوم الاساسية ، كلية الزراعة ، جامعة دمشق ، ص . ب 30621 سورية

Classification of wood charcoal in the Syrian market according to the combustion energy and the specific heat

Ehssan Ali El – Mosselly *

Abstract

Wood charcoal is an important source of energy, especially WITH increasing the prices of other energy resources. Forests are the natural sustainable source of timber and the classification of wood charcoal is still commercial and needs to scientific documentation for determining its quality.

The results showed that the coal has the highest quality of wood, followed by charcoal, almond and laurel wood. The coal of eucalyptus wood charcoal was characterized by bad quality because of weak tenderness. It seems to be very important to set several slow ignition and the smoke realized during the ignition. Setting controls to determine the quality of the coal in the local market, and what applies to charcoal is could be entirely applicable to dry wood. The aim of this research is to study the combustion energy, specific heat and the virtual properties of most types of wood charcoal found in the Syrian markets in order to classify these types in terms of quality and determine the thermal efficiency of each species. These types include quercus calliprinous, oak, pine, locust, arbutus andrachne, almond, laurel, fig, eucalyptus and some imported species.

Key words: wood charcoal, combustion heat, specific heat, phenotype, quercus calliprinous, oak, pine, locust, arbutus andrachne, almond, laurel, fig, eucalyptus.

* Assistant prof . Dr . , Basic Sciences , Faculty of Agriculture , Damascus University , p.o. box :30621 , Syria

المقدمة:

اعتمد الإنسان على الخشب والفحم كمصدر للطاقة ولا سيما في الدول النامية التي تتصف بYانخفاض مستوى المعيشة، مما أدى إلى استمرار الاستغلال الجائر للغابة كمكان تتوافر فيه الأحطاب مجاناً، ففي عام 1980 وصلت نسبة السكان المعتمدين على خشب الوقود كمصدر للطاقة إلى نحو نصف سكان اليابسة (زهوة، 1997)، وكان الخشب والفحم الخشبي يؤمن فقط 6.2 % من استهلاك العالم للطاقة (حميد، 2007)، وبلغ نصيب الدول النامية منها نحو 85%، كما بلغ استهلاك الفرد الواحد في هذه الدول نحو 0.45 متراً مكعبا من الخشب سنويا ما يعادل 1200 كيلو واط ساعي (kwh) سنوياً .

بدأ استعمال الخشب بوصفه مصدراً للطاقة يأخذ أبعاده بصوره جدية بعد الإرتفاع المذهل لأسعار مواد الطاقة الأخرى، ويُستعمل الخشب عموماً كمصدر للتدفئة كما يعد حالياً أحد المصادر الرئيسية ويُقدر أن 45% من الخشب المنتج عالمياً يستعمل في تدفئة المنازل وأعمال الطهي (john وآخرون، 1982؛ حميد،2007)، ومن المواد الخشبية التي يمكن استعمالها لتوليد الطاقة: الخشب المدور Round wood وبقايا المناشر mill residues وبقايا القطع logging residues والتشجير plantations.

يُعد الطلب على الفحم الخشبي في سورية كبيراً نسبياً، حيث يتمّ استيراده من الخارج فضلاً عما يُنتجه بعض المهربين الذين يقومون بالتفحيم بشكل غير قانوني. بلغ إنتاج سورية من الفحم الخشبي 4000 طن حسب إحصائيات F.A.O في عام (2003)، في حين بلغ الإنتاج العالمي 43847000 طن للعام نفسه، إذ يتم قطع الأحطاب بشكل عشوائي وغير منظم وينجم عن ذلك إنخفاض في جودة الإنتاج وآثار سلبية على البيئة، وللحد من ذلك قامت مصلحة الحراج السورية في منطقة الغاب بإنشاء مطامر (متارب، المكان الذي تُجمع فيه الأخشاب وتُصنف وتُنظم وتُحرق بطريقة معينة) لإنتاج الفحم في مركز الإدارة والتنظيم الذي يقع في قرية مرداش التابعة لمدينة السقيلبية الواقعة على الجهة الشرقية لسلسلة جبال اللاذقية، حيث يتراوح إرتفاع هذه المنطقة نحو 200م عن

سطح البحر لسد جزء من إحتياجات السوق المحلية من الفحم، حيث يقوم هذا المركز بالتدخل بعمليات التربية والتنمية في بعض المواقع الحراجية من أجل توجيه نمو الأشجار وزيادة كفاءتها وإزالة الأشجار الهرمة والمتزاحمة والمعوجة وقطع الأفرع اليابسة، ليصار إلى تفحيمها في المتارب، ويغطي ذلك أقل من 40% من إحتياج السوق المحلية، حيث يتم إنتاج نحو 150–160 طناً سنوياً وذلك حسب تقرير مركز الإدارة والتنظيم في مرداش 2007. بذلك يتم رفع الريعية الاقتصادية لها، إذ يصل سعر الطن الواحد من فحم السنديان حوالي 20000 ليرة سورية، وهذا يعد ربحاً مضاعفاً مقارنة مع بيعها حطباً، فضلاً عن تشغيل عدداً كبيراً من الأيدي العاملة، إذ يقدم المركز فرص عمل كبيرة في المنطقة سواء للعمال الموسميين أو الدائمين. يبلغ الإنتاج قيمته العظمى في الفترة من شهر آب وحتى شهر كانون الأول سنوياً، وتكون خصائص الجودة للفحم الناتج أعلى ما يمكن بسبب إنخفاض سرعة الرياح، في حين تكون أخفض ما يمكن في فصل الشتاء بسبب سوء الظروف المناخية التي تتعرض لها المنطقة ولاسيّما الرياح الشديدة والأمطار الغزيرة.

يحتوي الخشب (Arola، 2006) على6 % هيدروجين و 49 % كربون و 44 % أكسجين، وإن الأخشاب ذات الراتنج تحتوي على طاقة حرارية أكثر من غيرها من الأخشاب المماثلة لها وزناً، وتختلف الطاقة الحرارية للفحم حسب نوعية الخشب، ولكن عموماً تقدر في حدود Btu/lb 9000 وهي تعادل Joul/kg 9,500,000 حيث أنّ (Btu وحدة طاقة حرارية بالنظام الإنجليزي وهي تعادل 1055.06 جول بالنظام الدولي وأن lb وحدة كتلة بالنظام الإنكليزي وهي تعادل 0.454 كغ).

تُعتبر الغابة مصدراً طبيعياً مستداماً لخشب التفحيم (Grammel، 1989، وحميد، 2007) وذلك من خلال تفحيم أو تقطير الأخشاب الناتجة عن عمليات تقليم الأشجار حيث يمكن الحصول على أنواع جيدة من الفحم باستخدام أحد الطرائق التالية:

1- الطريقة التقليدية: وهي الطريقة المستخدمة في سورية، تعتمد على وجود المطامر (المتارب) البلدية (يطلق بالعامية على المكان الذي تتم فيه عملية التفحيم بالمترب) حيث أن مردود تلك الطريقة من الفحم يختلف حسب نوعية الأخشاب وبشكل عام تتراوح نسبة تحويل الخشب إلى فحم في المتارب في حدود 15–20 % من وزن الخشب.

2- طريقة الأفران المعدنية المتنقلة: وهي طريقة تُستخدم في دول أخرى حيث يجري التفحيم بوضع الأخشاب في أفران معدنية وتزداد نسبة تحويل الخشب إلى فحم في تلك الطريقة لتصل إلى 30–35% من وزن الخشب، ولكن من مساوئ هذه الطريقة ارتفاع ثمنها وحاجتها المستمرة للإصلاح والصيانة.

3- طريقة تقطير أو إماهة الخشب: وهي إحدى الطرائق المستخدمة للحصول على الفحم الخشبي وهي مشابهة لعملية التفحيم، إذ تختلف عنها في أن الخشب يتعرض للتسخين بدلاً من الحرق في جو مغلق تماماً وفي أوعية خاصة وينتج عن عملية التقطير هذه إضافة إلى الفحم الخشبي منتجات متعددة مثل الغاز القابل للاحتراق والكحول الإيتيلي وحمض الليمون والإستر والأسيتون والقطران .

يُستعمل الفحم الخشبي منزلياً وصناعياً في عدة مجالات (Seeger، 1980 وحميد، 2009) منها:

1- التدفئة.
2- الطهي والشواء.
3- أقراص فحم الأركيلة حيث يتم طحن الفحم الخشبي ومزجه بمواد لاصقة مثل النشاء، وكبسه على شكل أقراص صغيرة، وتتميز تلك الأقراص بقلة رمادها ودخانها وتعطي حرارة أكثر وبشكل منتظم وأنظف من قطع الفحم العادي.
4- الفحم الحُبيبي المنشط ويُحضّر بطحن الفحم إلى حبيبات صغيرة جداً (ميليمترية) وتنشط بالبخار وتستخدم في فلاتر المياه والغاز.
5- صناعة الحديد والنحاس والتعدين وذلك في التسخين وغليان المعادن بشكل عام.

أُنتج الفحم الخشبي حسب FAO (2008) من الأخشاب القاسية والطرية وبذور الفواكه وبذور البندق nuts والذرة وبذور القطن واللحاء حيث تم استخدام طريقة Pit kilns في الكثير من دول العالم مثل البرازيل والأرجنتين وأمريكا وذلك لإنتاج نوع من الفحم يدعى Metral logic charcoal بمردود 20%، إلاّ أنّ هذه الطريقة تؤدي إلى انبعاث غازات ملوثة مثل الميتان ومركبات الكربون لذلك يُستخدم حديثاً طريقة جديدة تدعى Retorts التي تعطي مردوداً عالياً من الفحم وينتج عنها مركبات كيميائية مثل حمض الخل، وخل الخشب والميثانول كمركبات ثانوية.

تستخدم معظم دول أسيا إضافة إلى البرازيل (Mark وآخرون، 2006) طريقة pitkilns البسيطة في إنتاج الفحم الخشبي. حيث بلغ إنتاج العالم منه 46 مليون طن عام 2005 منها 13 مليون طن هو إنتاج البرازيل وحدها، لكن هذه الطريقة تؤدي إلى انبعاث غاز الميتان السام لذلك تمّ استخدام الطريقة الحرارية المعروفة بطريقة Pyrolysis والتي تم تطبيقها في حرق خشب عدة أنواع من النباتات (الصنوبر والاوكاليبتوس والبلوط والثوم والقمح والبامبو) وتمّ تعيين نسب العناصر من الغازات في الفحم الناتج وذلك بغياب الأكسجين وعند درجات حرارة عالية جداً حيث يتشكل الفحم الصلب وعدة أنواع من الغازات الطيارة التي تُبرّد ويعاد تحويلها إلى حمض الخل.

إن استخدام طريقة pit kilns البسيطة في إنتاج الفحم الخشبي (Syred وآخرون، 2006) تسبب ضرراً للبيئة لذلك بُذلت جهود حثيثة لإنتاج فحم نظيف تحت شروط محددة من الضغط العالي بحيث يمكن استخدام الغاز الناتج من تشكل الفحم لتوليد الطاقة والحرارة وتدعى هذه الطريقة CHap. وقد أُستخدمت في الدول التي تملك غابات واسعة وتفتقد للوقود الأحفوري وتعطي كميات كبيرة من الفحم العالي النوعية وكميات من الغاز الذي يُستخدم في السيارات التي تعمل على الوقود الغازي وذلك من أخشاب الصنوبر والاوكاليبتوس وجوز الهند.

تتأثر الحرارة النوعية (El–juhany وآخرون، 2003) و (mark وآخرون، 2006) و (Bartosz وآخـرون، 2013) و (www.pcblltd.com، 2016) للفحـم الخشـبي حسب محتواه من الكربون والاكسجين ونسبة الرطوبة والمواد الطيارة والرماد ودرجة الحرارة حيث تزداد الحرارة النوعية بزيادة نسبة الرطوبة وانخفاض كمية الكربون وزيادة نسبة المواد الطيارة، كما تتأثر الحرارة النوعية بطريقة التسخين ونوعية الفحم.

يُصنف الفحم الخشبي المنتج F.A.O (2008؛ Bartosz وآخرون، 2013) حسب نوع الخشب المنتج منه وكذلك حسب الحجم والشكل. (حميد، 2009). حيث نميز في هذا المضمار فحم الأركيلة الذي يكون بأحجام وأقطار صغيرة ويأخذ الشكل الاسطواني، وفحم الشواء والتدفئة والطهي والذي يكون بأحجام وأقطار كبيرة وأشكال مختلفة.

يصنف الفحم الخشبي دولياً (Sinner وآخرون، 1978) و(Marutzky، 1980) و (john وآخرون، 1982) و (El. juhany وآخرون، 2003) و(Speight، 2005) و(Szargut، 2010) حسب مواصفات الجودة المرتبطة بحرارة الإحتراق والحرارة النوعية.

تُعرّف الحرارة النوعية Specific heat capacity بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة مقدرة بـ $cal/gr.c^o$، كما تعرف حرارة الاشتعال heat of composition بأنها الطاقة الحرارية المتولدة عن الإحتراق الكامل للخشب في ظروف محكمة من الضغط والحرارة وتقدر بـcalorie، وبالطبع تكون الطاقة الحرارية المتولدة عن إحتراق الخشب في الظروف العادية أقل من إحتراقه ضمن ظروف محكمة وذلك بسبب صرف جزء من الطاقة في تبخير الماء وفي تسخين الهواء الزائد والماء المتولد خلال الاشتعال.

مبررات وأهداف البحث:

نظراً لقلة البحوث المحلية حول الخصائص الفيزيائية للأنواع المختلفة من الفحم الخشبي المصنع محلياً، فقد وجدت من الأهمية بمكان دراسة المواصفات الظاهرية والخصائص الفيزيائية الحرارية لمعظم أنواع الفحم المتواجدة في الأسواق السورية والمتداولة تجارياً.

يهدف هذا البحث إلى دراسة الصفات الظاهرية والخصائص الفيزيائية الحرارية من حيث طاقة الإحتراق والحرارة النوعية لأنواع الفحم الخشبي المتواجدة في الاسواق السورية والمنتجة من أخشاب السنديان (*Quercus calliprinous*) والبلوط (Oak) والصنوبر (Pine) والخرنوب (Locust) والقطب (*Arbutus andrachne*) والآس (Acacia) والكرمه (Grape vine) والتين (Fig) والغار (Laurel) واللوز (Almond) والاوكاليبتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) والموثقة محلياً في مطامر (متارب) مصلحة الحراج السورية – مركز الإدارة والتنظيم في قرية مرداش، بغية المقارنة والتصنيف وتحديد مقدار الجودة لكل نوع من أنواع الفحم المختلفة. تمّ إنجاز هذا البحث في مخبر الفيزياء في كلية الزراعة بجامعة دمشق خلال النصف الثاني من العام 2017.

مواد وطرائق البحث

أولاً- مواد البحث:

1- تم تجهيز أربع عينات من الفحم الخشبي بأبعاد 10 x 5 سم من كل نوع من الأنواع الشجرية التالية: السنديان (*Quercus calliprinous*) والبلوط (Oak) والصنوبر (Pine)والخرنوب (Locust) والقطب (Arbutus andrachne) والآس (Acacia) والكرمة (Grapevine) والتين (Fig) والغار (Laurel) واللوز (Almond) والاوكاليبتوس (*Eucalyptusamaldulensis*).

2- مسعر حراري Calorimeter والمجهز للتجارب في مخبر الفيزياء .

3- دورق زجاجي سعة 0.5 لتر.

4- مقياس حرارة زئبقي مدمج.

5- ميزان حساس بدقة 0.01 غ.

6- ورق قصدير.

7- سخان حراري.

8- اسطوانة معدنية من الألمنيوم الخفيف بطول 15 سم وقطر 7 سم مجهزة بغطاء .

ثانياً– طرائق البحث:

1–تحديد الخصائص الفيزيائية الظاهرية لأنواع الفحم الخشبي المنتج وذلك من خلال دراسة المقاطع العرضية لعينات الفحم من حيث الخشونة واللمعان ووضوح حلقات النمو والأشعة والتشقق ومظهر ومدة التوهج.

2–تحديد الخصائص الفيزيائية الحرارية لأنواع الفحم من حيث الحرارة النوعية وحرارة الإحتراق وفق طريقة Tyler (2001) وذلك بأخذ أربع مكررات من كل نوع وإجراء الخطوات التالية:

تحديد الحرارة النوعية:

1– يُجهز المسعر الحراري بوزن وعائه الداخلي فارغاً (.gr) M.

2– يُوضع في الوعاء الداخلي للمسعر كمية من الماء حتى منتصفه ويوزن.

3– يُحسب وزن الماء الموجود في المسعر (.gr) Mw.

4– يُقاس درجة حرارة الماء في المسعر (c^o) T1.

5– تُوزن عينة الفحم (.gr) Ms، وتُلف بورق القصدير.

6– تُوضع العينة في دورق زجاجي يحوي 400 مل ماء وتسخن حتى الغليان.

7– يُرفع الدورق عن منبع الحرارة، ويتم الانتظار بضع دقائق حتى تكتسب قطعة الفحم درجة حرارة غليان الماء ونُسجل درجة الحرارة T2 co .

8–تُرفع عينة الفحم من الدورق ونضعها بالوعاء الداخلي للمسعر ويُغلق المسعر ويُراقب درجة حرارة المزيج حتى تبلغ النهاية العظمى (co) T3.

9– تُحسب الحرارة النوعية للعينة من العلاقة (1).

10–تُكرر الإجراءات السابقة من أجل أربع مكررات من كل نوع من أنواع الفحم، وتُجدول النتائج بشكلها النهائي وتّجهز للدراسة الإحصائية .

$$C = \frac{(Mw * Cw + Ck)(T3 - T1)}{Ms\,(T2 - T3)} \quad \ldots\ldots (1)$$

حيث أن:

C : الحرارة النوعية للفحم.(cal/gr.)

Ck: المكافئ المائي للمسعر (Ck = M x 0.24).

M: وزن المسعر فارغاً (gr.)

T1 : درجة الحرارة الابتدائية للمسعر الحراري مع الماء (C^o).

T2: درجة حرارة قطعة الفحم (درجة حرارة غليان الماء) (C^o) .

T3: درجة حرارة المزيج في المسعر بعد وضع عينة الفحم الساخنة فيه (C^o) .

تحديد حرارة الإحتراق:

1-يُجهز المسعر بتكرار الخطوات (1-2-3-4) الواردة في التجربة السابقة ومنه يُحسب وزن الماء في المسعر .Mw gr ودرجة حرارته (C^o) T1.

2-تُؤخذ عينة من الفحم وتُوضع على النار حتى تتوهج وتُوزن (gr.) Ms .

3-تُوضع العينة في علبة من الألمنيوم الخفيف وتُغلق.

4-تُوضع العلبة في الوعاء الداخلي للمسعر ويُغلق.

5-يتم الانتظار دقيقتين حتى تنتقل كمية الحرارة من العلبة إلى الماء في المسعر.

6-تُقاس درجة حرارة المزيج (Co) T2.

7-حسب المبدأ الحراري بأنّ كمية الحرارة التي إكتسبها الماء تساوي كمية الحرارة التي نشرها الفحم في تفاعل احتراقه. وتُحسب حرارة الإحتراق من العلاقة (2):

8-تُكرر الإجراءات السابقة من أجل أربع مكررات من كل نوع من أنواع الفحم، وتُجدول النتائج بشكلها النهائي وتُجهز للدراسة الإحصائية.

$$Q = M_w * C_w\,(T2 - T1) \quad \ldots\ldots (2)$$

حيث أن:

Q: حرارة الإحتراق (كمية الحرارة الناتجة عن حرق عينة الفحم المختبرة وتحسب بناء عليها حرارة احتراق .gr 1 من الفحم (.cal / gr).

C_w: الحرارة النوعية للماء (C_w = 1 cal / gr.).

M_w: كتلة الماء في المسعر (.gr).

T1 : درجة الحرارة الابتدائية للماء في المسعر الحراري (C^o).

T2: درجة حرارة الماء في المسعر بعد وضع علبة المعدن (الحاوية على العينة) فيه (C^o).

النتائج والمناقشة:

أولاً– الدراسة الكيفية:

من خلال الدراسة الظاهرية لعينات فحم كلا من السنديان والبلوط والصنوبر والخرنوب والقطب والآس والكرمة والتين والغار واللوز والاوكاليبتوس يتبين ما يلي:

1–لُوحظ أن فحم كل من خشب الآس وخشب اللوز وخشب السنديان ذات أوزان ثقيلة ومقاطعها العرضية لامعة ومتشققة مع الأشعة الخشبية وتحتاج إلى بضع دقائق لتبدأ بالاشتعال، وتستمر بالتوهج نحو عشر دقائق فضلاً عن ذلك فإنّها لا تعطي دخاناً أثناء اشتعالها وتبقى متماسكة لا تتفتت بعد التوهج .

2–إنّ وزن فحم خشب القطب أخف قليلاً مقارنة بفحم خشب السنديان، وإنّ مقطعه العرضي أملس وذو بريق وتظهر عليه بوضوح حلقات النمو السنوية، ويتطاير منه شرر عند اشتعاله ويكتمل توهجه بعد ستة دقائق ثم يبدأ بالتفتت.

3–إنّ فحم خشب كلا من البلوط والكرمة والصنوبر ذات أوزان متوسطة مقارنة مع فحم خشب السنديان وإنّ مقاطعها العرضية لامعة قليلاً وتظهر عليها بشكل نسبي حلقات النمو السنوية مع الأشعة، وتبدأ بالاشتعال بعد ثمان دقائق.

4-إنّ فحم خشب كلاً من الخرنوب والتين والأوكاليبتوس خفيفة الوزن وبطيئة الاشتعال، ولا تظهر على مقاطعها العرضية حلقات النمو والأشعة بشكل واضح وأهم ما يميزها وبالأخص فحم خشب الاوكاليبتوس ظهور دخاناً ذو رائحة عطرة أثناء اشتعاله. ويلخص الجدول (1) نتائج الدراسة الكيفية.

الجدول (1). نتائج الدراسة الكيفية.

مصدر الفحم	وزن العينة	مواصفات المقطع العرضي	بدء الاشتعال	استمرارية التوهج	التماسك أثناء وما بعد التوهج	ملاحظات خاصة
خشب الآس	ثقيل	لامع ومتشقق مع الأشعة	بعد 4 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	له دخان بسيط
خشب اللوز	ثقيل	لامع ومتشقق مع الأشعة	بعد 4 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	له دخان بسيط
خشب الغار	ثقيل	لامع أملس تظهر عليه حلقات النمو	بعد 4 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	لا يعطي دخاناً
خشب السنديان	ثقيل	لامع ومتشقق مع الأشعة لا تظهر عليه حلقات النمو السنوي	بعد 5 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	لا يعطي دخاناً
خشب البلوط	متوسط	ذو بريق لامع قليلاً تظهر عليه حلقات	بعد 8 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	لا يعطي دخاناً
خشب الخرنوب	خفيف	تظهر عليه حلقات النمو السنوي بشكل	بعد 8 دقائق	لفترة 5 دقائق	يتفتت	يتطاير منه شرر
خشب الكرمة	متوسط	لامع قليلاً، خشن الملمس لا تظهر عليه	بعد 8 دقائق	لفترة 7 دقائق	يتفتت	يتطاير منه شرر
خشب القطب	خفيف	أملس ذو بريق متميز، تظهر عليه حلقات	بعد 6 دقائق	لفترة 6 دقائق	يتفتت	يتطاير منه شرر
خشب الصنوبر البري	متوسط	لامع تظهر عليه بوضوح حلقات النمو	بعد 8 دقائق	لفترة 10 دقائق	يبقى متماسكاً	لا يعطي دخاناً
خشب التين	خفيف	تظهر عليه حلقات النمو السنوي	بعد 10 دقائق بطيء	لفترة 5 دقائق	يتفتت	يتطاير منه شرر
خشب الأوكاليبتوس	خفيف	لا تظهر عليه حلقات النمو السنوي	بعد 10 دقائق بطيء	لفترة 6 دقائق	يتفتت	يعطي دخاناً له رائحة

الوزن ثقيل > 25 gr
الوزن متوسط < 25 gr و > 20 gr
الوزن خفيف < 20 gr

ثانياً– الدراسة الكمية والتحليل الإحصائي:

تم تحليل نتائج القياسات الفيزيائية المخبرية للحرارة النوعية وطاقة الإحتراق لأنواع الفحم الخشبي المدروسة (11 نوعاً)، وذلك بواقع أربع مكررات من كل نوع باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (M– stat – C) لحساب كلاً من المتوسط الحسابي (Mean) والانحراف المعياري (Standard Deviation) وأقل فرق معنوي عند مستوى معنوية 0.01 وقيمة معامل التباين CV، (Coefficient of variation) ومعامل الارتباط (Correlation) للصفات الحرارية المدروسة، ويلخص الجدول (2) متوسطات الحرارة النوعية وطاقة الإحتراق لأنواع الفحم الخشبي المدروسة.

الجدول (2). متوسطات الحرارة النوعية وطاقة الإحتراق لأنواع الفحم الخشبي المدروسة.

مصدر الفحم	متوسطات الحرارة النوعية (حريرة . غ$^{-1}$)	متوسطات طاقة الإحتراق (حريرة)
خشب الآس	0.2008k	2794a
خشب اللوز	0.2445j	2163b
خشب الغار	0.2625i	1416c
خشب السنديان	0.3198h	923.1d
خشب البلوط	0.4760g	607.9e
خشب الخرنوب	0.5565f	557.2f
خشب الكرمة	0.6230e	513.8g
خشب القطب	0.6545d	412h
خشب الصنوبر البري	0.6982c	361.2i
خشب التين	0.7593b	321.1j
خشب الأوكاليبتوس	0.8810a	260k
LSD (0.01)	0.001945	16.41

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية بين السطور لكل صفة مدروسة عند مستوى معنوية 0.01.

ويتبين من خلال الدراسة الإحصائية (جدول 2) ما يلي:

1- بالنسبة للحرارة النوعية:

بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في صفة الحرارة النوعية ($P\leq 0.01$) بين أنواع الفحم الخشبي المدروسة، حيث كانت متوسط الحرارة النوعية الأعلى معنوياً في فحم خشب الاوكاليبتوس (.Cal/g 0.881) تلاها فحم خشب التين (0.7593 Cal/g) ثم فحم خشب الصنوبر (.Cal/g 0.6982). في حين كان متوسط الحرارة النوعية الأدنى معنوياً لدى فحم خشب الآس (.Cal/g 0.2008).

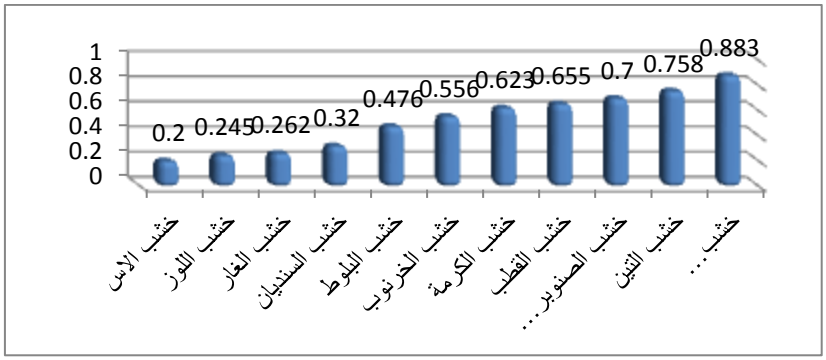
ويبين الشكل (1) العلاقة بين نوعية الفحم الخشبي ومتوسطات الحرارة النوعية

2- بالنسبة لطاقة الإحتراق:

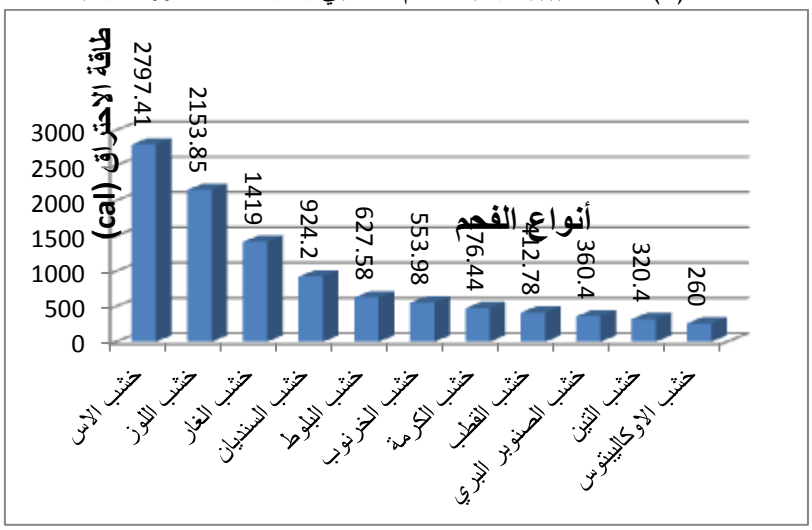
بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ($P\leq 0.01$) في صفة طاقة الإحتراق بين أنواع الفحم الخشبي المدروسة، حيث كان متوسط قيمة طاقة الإحتراق الأعلى معنويا في فحم خشب الآس (2794 Cal) تلاها فحم خشب اللوز 2163 Cal) (ثم فحم خشب الغار (1416Cal). في حين كان متوسط قيمة طاقة الإحتراق الأدنى معنويا لدى فحم خشب الاوكاليبتوس (260.0 Cal) تلاها بفروق معنوية فحم خشب التين (321.1 Cal).

ويبين الشكل (2) العلاقة بين نوعية الفحم الخشبي ومتوسطات طاقة الإحتراق.

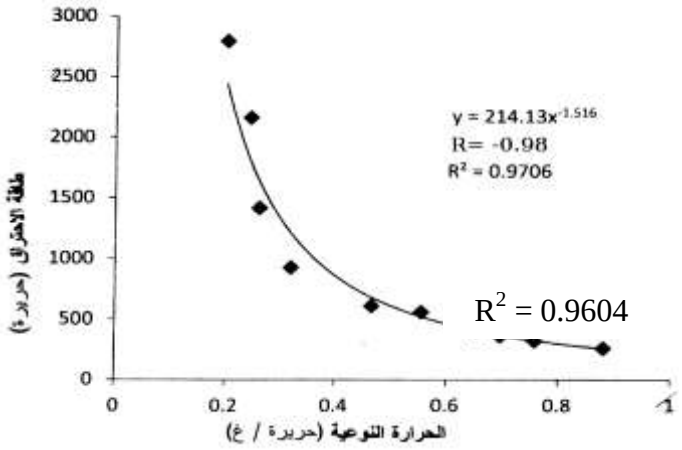
3- أشارت الدراسة إلى وجود علاقة ارتباط عكسية (وهي علاقة قوة) حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ($R = -0.98$) كما يبين الشكل (3). وهي علاقة ارتباط قوية جداً ($R > \pm 0.98$).



الشكل (1). العلاقة ببين نوعية الفحم الخشبي ومتوسطات الحرارة النوعية



الشكل (2). العلاقة بين نوعية الفحم الخشبي ومتوسطات طاقة الإحتراق



الشكل (3). العلاقة بين الحرارة النوعية وطاقة الإحتراق

الاستنتاجات:

يلاحظ مما سبق، وجود علاقة ارتباط عكسية (قوية جداً $R = -0.98$) بين الحرارة النوعية للفحم الخشبي وطاقة احتراقه، أي كلما كانت الحرارة النوعية أدنى كانت طاقة الإحتراق أعلى والعكس صحيح.

يتضح من النتائج أن فحم خشب الآس هو الأجود يليه تتالياً كلاً من فحم خشب اللوز وفحم خشب الغار و فحم خشب السنديان وفحم خشب البلوط وفحم خشب الكرمة وفحم خشب القطب وفحم خشب الصنوبر البري، ويبدو أن **فحم خشب الاوكالبتوس** هو أقلهم جودة أي انه **أسوء أنواع الفحم الخشبي**.

التوصيات والمقترحات:

1- التوسع وتشجيع إنشاء متارب الفحم الخشبي محلياً باستخدام تقانات متقدمة وفقاً للطرائق المذكورة في الدراسات المرجعية.

2-استمرار الدراسة على أنواع الفحم الخشبي المحلي المنشأ لتعيين مواصفاته الحرارية.

3-الاستفادة من نتائج هذا البحث في اختبارات جودة الفحم الخشبي لدى هيئة المواصفات والمقاييس السورية.

4-توثيق المواصفات الحرارية لأنواع الفحم الخشبي المتوفرة في الأسواق المحلية.

المراجع:

- **حميد محمود. (2007).** علم الأخشاب ومنتجات الغابة، منشورات جامعة دمشق – كلية الزراعة، ص 504 .
- **حميد محمود. (2009). دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للفحم الخشبي لبعض الأنواع** الخشبية، **مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (25) العدد 2 .**
- **زهوة، سليم. (1997). استغلال الحراج، منشورات جامعة حلب – كلية الزراعة .**
- **Antal, M. J. jr. and M. Gronli (2003).** The art, science, and technology of charcoal production Lnd. Eng. Chem. Res. 42, 1619-1640.
- **Arola, R .A. (2006).** Wood fuels; How do they stack up? peoc. Conf. Energy and the wood products Industry, For .Res .soc 40 (2): 115-138.
- Bartosz Lesnlak, et al. (2013). The determination of the specific heat capacity of coal based on literature data, Institute for chemical processing of coal, 67, 6, 560 – 571.
- **El Juhany and S. S. Hegazy. (2003). Comparison of the growth and bio**mass production of six acacia species in Riyadh , Saudi Arabia after four years of irrigated cultivation .journal of Arid Environments 54 (4) : 783-792 .
- **F .A .O. (2003)**. Forest products year book.
- **F .A .O. (2008).** TCP / CRO/ 3101 (A) Development of a sustainable charcoal Industry Industrial Charcoal Production. Zagreb, Croatia. Editors: Dr julije Domac. Dr Miguel Trossero **North-West Croatia Regional Energy Agency.**
- **Grammel , R . (1989).** Forts benutzung. Hamburg; Berlin. Baul parey verlag. 158 – 173.

http://www.pcblltd.com/investorreations/presentation/2016 17/investor_presentation_may_2016.pdf. Slide no.19 Charcoal – final (2016).

- **John, G.** Haygreen **Jim L. Bowyer**. **(1982)** Forest products and wood scienes. An introduction, First Edition. The lowa state university press chpter 3 page 212.

- **John, G. Haygreen Jim L. Bowyer and Rubin Shmulsky. (2003)**. Forest products and wood science. An introduction, Fourth Edition. The iowa state university press. Chapter 6 page 422.
- Mark J. et al. (2006). Torrefaction of wood part 1, part 2, Eindhoven University of technology, Environmental Technology Group, Department of Chemical Engineering and Chemistry, Netherlands chpter 1 page 77.
- **Marutzky, R. (1980).** verkohlung pyrolyse and vergasung von Holz and pflanz lichen Restoffen , In: v , Bossel ; heizen mit Holz .
- **Patrick P. J. et al. (2002)** Charcoal production with reduced emissions 12th European Conference on Biomass for Energy , industry and climate protection, Amsterdam .
- **Seeger, H.G. (1980).** Eigenschaften faster Biobrennst offe In: Heizen mit Holz, Tagungsbericht der SOLENTES Gesellschaft fuer solar und energiesparende technologien GmbH. vom 1.
- **Sinner, M. parameswaran, N. and Ditrichs, H.H. (1978).** Enzzipatische Hydrolyse der zellwand – Cellulose in Abhaengigkeit von Xylan, manoranund lignineenung. Das papier 32, 12, 530-532.
- **Speight J.G. (2005).** Heat Capacity Handbook of coal analysis. Published by john Wiley & Sons, New Jersey. chpter 4 page 287
- **Syred c. et al. (2006).** A clean, efficient system for producing Charcoal, heat and power chap4 page 1566-1578.
- **Szargut. J. (2010)**. Heat Capacity Termodynamika techniczna. Wydawnictwo politechniki Slaskiej, Gliwice. Institute for chemical processing of coal, 67, 6, 560 – 571.
- **Tyler, F. (2001).** A laboratory manual of physics SI Units Edward Arnold (publishers) LTD. London p 275.