مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ــ (2009) ــ المجلد (25) ــ العدد 2 ــ الصفحات: 233-246

دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للفحم الخشبي لبعض الأنواع الخشبية (السنديان العادي والسنديان البلوطي والقطلب والأوكاليبتوس)

محمود أحمد حميد[1]

الملخص

حدد هذا البحث بعض الخصائص الفيزيائية لفحم بعض الأنواع الخشبية (السنديان العادي *Quercus calliprinos* والسنديان البلوطي *Quercus infectoria* والقطلب *Arbutus andrachne* والأوكاليبتوس *Eucalyptus camaldulensis*) حيث امتاز فحم السنديان العادي بوزنه الثقيل ومقطعه العرضي المشقق مع الأشعة ولا تظهر حلقات النموالسنوية بوضوح فيه وملمسه خشن من الخارج بسبب التصاق قشرته المتفحمة عليه و يحتاج إلى 5 دقائق حتى يبدأ بالاشتعال ويستمر توهجه 10 دقائق ولا يعطي دخاناً في أثناء اشتعاله ويبقى متماسكاً لا يتفتت بعد توهجه. في حين يُلاحظ أن فحم القطلب وزنه أخف مقارنة بفحم السنديان العادي ومقطعه العرضي أملس و بريقه واضح و مميز وتظهر به حلقات النمو السنوية بوضوح ويتطاير منه شرر في أثناء اشتعاله كما يكتمل توهجه بعد 6 دقائق ويتفتت بعد مدة من توهجه. أما فحم السنديان البلوطي فهو متوسط الوزن مقارنة بفحم السنديان العادي، مقطعه العرضي لماع قليلاً، حلقات النمو السنوية تظهر بوضوح نسبي مع الأشعة. يبدأ بالاشتعال بعد 8 دقائق. فحم الأوكاليبتوس خفيف الوزن أيضاً وبطيء الاشتعال، الأشعة وحلقات النمو السنوية لا تظهر بوضوح في مقطعه العرضي، أهم ما يميزه أنه يعطي دخاناً له رائحة في أثناء اشتعاله. بالنسبة إلى نتائج الخصائص الفيزيائية امتاز فحم السنديان العادي بأعلى قيمة لحرارة الاحتراق كما كانت قيمة حرارة الاحتراق لفحم السنديان البلوطي أعلى من قيمة حرارة الاحتراق لفحم القطلب في حين كانت أدنى قيمة لحرارة الاحتراق لفحم الأوكاليبتوس لذلك يعدُّ فحم السنديان العادي أجودها. أظهر فحم الأوكاليبتوس أعلى قيمة للحرارة النوعية في حين أظهر فحم السنديان العادي أدنى قيمة للحرارة النوعية وكانت الحرارة النوعية لفحم السنديان البلوطي أقل من الحرارة النوعية لفحم القطلب.

الكلمات المفتاحية: فحم خشبي، حرارة الاشتعال، الحرارة النوعية، خصائص فيزيائية، خصائص ظاهرية، سنديان عادي، سنديان بلوطي، قطلب، أوكاليبتوس.

[1] قسم الحراج و البيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ص.ب.30621، دمشق، سورية.

Determination of Some Physical Properties of Charcoal From Some Wood Species (*Quercus calliprinous, Quercus infectoria, Arbutus andrachne, Eucalyptus camaldulensis*)

M. Hameed[(1)]

ABSTRACT

This investigation has determinated some physical properties of charcoal from some wood species (*Quercus calliprinous, Quercus infectoria, Arbutus andrachne, Eucalyptus camaldulensis*). The charcoal of *Quercus calliprinous* has heavy weight, full of rents in its cross section toward the rays; the annual growth rings are not clear on it. It has coarse or rough surface because the bark was pasted on the wood after the stem had charted or carbonized. It needs five minuets to start lighting and keeps glowing for ten minuets, no smoke or smell and it remains firm after glowing. While the charcoal of *Arbutus andrachne* is lighter than the charcoal of *Quercus calliprinous*, its cross section is smooth and has a clear luster moreover shows clearly annual growth rings. It gives sparks during its lighting and needs six minuets to have a total glowing and destroyed after lighting or combustion. The charcoal of *Quercus infectoria* has a medium weight to compare with the charcoal of *Quercus calliprinous*, its cross section has a little luster and relative clearly annual growth rings and rays, and it needs eight minuets to begin lighting. The charcoal of *Eucalyptus camaldulensis* has light weight too and lighting slowly, its cross section has a luster and unclearly annual growth rings and rays. It gives smoke and smell during its lighting. The results of physical properties have established that the charcoal of *Quercus calliprinous* has the highest value for heat of combustion, but the value of heat of combustion for Charcoal of *Quercus infectoria* is higher than that for the charcoal of *Arbutus andrachne.* The charcoal of *Eucalyptus camaldulensis* has the lowest value for the heat of combustion. Therefore the charcoal of *Quercus calliprinous* is considered the best type of charcoal and superior. The charcoal of *Eucalyptus camaldulensis* has the highest value for the specific heat capacity. While the charcoal of *Quercus calliprinous* shows the lowest value for the specific heat capacity. The specific heat capacity for charcoal of *Quercus infectoria* is lower than that for the charcoal of *Arbutus andrachne.*

Key words: Charcoal, Heat of Combustion, specific heat capacity, Physical Properties, Morphological Properties.

[(1)] Dept. of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Damascus University P.O.Box: 30621, Syria.

المقـــدمـــة

بدأ استعمال الخشب بوصفه مصدراً للطاقة يأخذ أبعاده بصورة جدية بعـد الارتفـاع المذهل لأسعار مواد الطاقة الأخرى، ويستعمل الخشب عموماً كمصدرٍ للتدفئة كمـا يعـدُّ حالياً أحد المصادر الرئيسية ويقدر أن 45% من الخشب المنتج عالمياً يستعمل في تدفئـة المنازل وأعمال الطهي (John *et al.*, 1982) و(حميد، 2007) ومن المواد الخشبية التي يمكن استعمالها لتوليـد الطاقـة: الخـشب المـدور Round wood وبقايـا المناشـر Mill residues وبقايا القطع Logging residue والمشاجر plantations. وقـد ازداد اعتماد الإنسان على الخشب والفحم كمصدر للطاقة ولاسيما في الدول النامية التي تتصف بالفقر و انخفاض مستوى المعيشة مما أدى إلى استمرار الاستغلال الجائر للغابة كمكـان تتوافر فيه الأحطاب مجاناً. ففي عام 1980 (زهـوة، 1997) وصـلت نـسبة الـسكان المعتمدين على خشب الوقيد كمصدر للطاقة إلى نحو نصف سكان اليابسة، وكان الخشب المادة الأكثر استخداماً لتوليد الطاقة اللازمة في الحياة اليومية لهؤلاء السكان فكان الخشب والفحم النباتي يؤمن فقط 6.2% من استهلاك العالم للطاقة، وكان نصيب الـدول الناميـة منها 85%. ويبلغ استهلاك الفرد الواحد في هذه الدول نحو 0.45 متراً مكعباً من الخشب سنوياً تؤمن ما يعادل 1200 كيلو وات ساعي (KWH) سنوياً. يعدُّ الطلب علـى الفحـم الخشبي في سورية كبيراً نسبياً، حيث يتم استيراده من الخارج فضلاً عمّا ينتجـه بعـض المهربين الذين يقومون بالتفحيم بشكل عشوائي و غير قانوني. وقد بلغ إنتاج سورية مـن الفحم الخشبي حسب إحصائيات FAO لعام 2003 (4000 طن) في حين بلغ الإنتـاج العالمي 43847000 طن للعام نفسه. إذ يتم قطع الأحطاب بشكل عشوائي وغير منظم، و ينجم عن ذلك انخفاض في جودة الإنتاج وآثار سلبية على البيئة وللحد من ذلـك قامـت مصلحة الحراج في منطقة الغاب لسد جزء من احتياجات السوق المحلية من الفحم بإنشاء متارب لإنتاج الفحم في مركز الإدارة والتنظيم الذي يقع في قرية مرداش التـابع لمدينـة السقيلبية الواقعة على الجهة الشرقية لسلسلة جبال اللاذقية حيث يتـراوح ارتفـاع هـذه المنطقة 200م عن سطح البحر حيث يقوم هذا المركز بالتدخل بعمليات التربية والتنميـة في بعض المواقع الحراجية من أجل توجيه نمو الأشجار وزيادة كفاءتها، وإزالة الأشجار الهرمة والمكبوتة والمعوجة وقطع الأفرع اليابسة ليصار إلى تفحيمها في المتارب ويـسد ذلك احتياجات السوق المحلية من الفحم بنسبة تصل 40% من استهلاك السوق، ويـصل الإنتاج بالمتوسط 160-150طناً سنوياً (مركز الإدارة والتنظـيم فـي مـرداش، 2007) وبذلك يتم رفع الريعية الاقتصادية لها، إذ يصل سعر الطن الواحد مـن فحـم الـسنديان 20000 ليرة سورية وهذا يعدُّ ربحاً مضاعفاً مقارنة مع بيعها حطباً، فضلاً عن تـشغيل عدد كبير من الأيدي العاملة إذ يقدم المركز فرص عمل كبيرة في المنطقة سواء للعمـال الموسميين أو الدائمين. ويبلغ الإنتاج قيمته العظمى من شهر آب حتى شهر كانون الأول، فتكون خصائص الجودة للفحم الناتج أعلى ما يمكن بسبب انخفاض سرعة الرياح وتكون

أخفض مايمكن في فصل الشتاء بسبب سوء الظروف المناخية التي تتعرض لها المنطقة ولاسيما الرياح الشديدة و الأمطار الغزيرة.

هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة بعض الصفات الظاهرية والفيزيائية لفحم بعض الأنواع الخشبية المحلية (السنديان العادي Quercus calliprinous والسنديان البلـوطيQuercus infectoria والقطلـب Arbutus andrachne والأوكـاليبتوسEucalyptus camaldulensis) بغيـة اعتمادها كمقاييس لجودة الفحم.

الدراسة المرجعية والبحوث السابقة

لا بدَّ من حرق الخشب لإنتاج الطاقة وتتم العملية بتبخيـر المـاء منـه والمركبـات المتطايرة وجلب الخشب لنقطة الاشتعال Combustion وذلك بـدرجات حـرارة مـن 100–600 مئوية حيث يتطاير نحو 75–85% من مواد الخـشب ويبـين الجـدول (1) التحليل التقريبي للخشب بوصفه وقوداً حيث تحترق المواد المتطايرة على شكل غـازات ويحترق الكربون الباقي كاحتراق الفحم Charcoal.

الجدول (1) تحليل الخشب كوقود ومقارنته بالفحم الحجـري (John *et al.*, 2003, Arola, 2006).

الوقـــــود	المواد المتطايرة	الكربون الثابت	الرمـــاد
1 ــ شوح دوغلاس			
الخشب	86.2	13.7	0.1
القلف	70.6	27.2	2.2
2 ــ عريضات الأوراق			
الخشب	77.3	19.4	3.4
القلف	76.7	18.6	4.6
الفحم الحجري	43.4	51.7	4.9

وتتم عملية الاحتراق بتفاعل الأكسجين مع الكربون ليتشكل CO_2 وباتحاد هيدروجين الخشب مع أكسجين الهواء ليتشكل الماء، ويأتي الأكسجين جزئياً من الخشب لكن معظمه يأتي من الهواء إذ يحتوي الخشب على 6% هيدورجين 49% كربون و44% أكـسجين. ويبين الجدول (2) محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية مـع ملاحظـة احتـواء الأخشاب ذات الرانتج على طاقة أكثر من غيرها من الأخشاب المماثلة لها وزناً. ويكون قلف المخروطيات وخشبها ذا قيمة حرارية أعلى من قلف عريـضات الأوراق وخـشبها وتختلف القيمة الحرارية حسب النوع أيضاً وحسب اختلاف تركيبها مـن H_2, O, C إلا أنه عموماً تقـدر القيمـة الحراريـة بـــ 9000Btu/lb جافـة للمخروطيـات وبـــ 8300 Btu/lb جافة لعريضات الأوراق Btu هي وحدة طاقة حرارية بالنظام الإنكليزي وتعادل 1055.06 جول بالنظام الدولي. أما lb فهي وحدة الكتلة بالنظام الإنكليزي وتعادل بالنظام الفرنسي المطلق 0.4536 كغ.

الجدول (2) محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية (John *et al.*, 1982)

نوع الخشب	الخشب	القلف
غير راتنجي	8500 - 8000	9800 - 7400
راتنجي	9700 - 8600	10800 - 8800

وتعرف حرارة الاشتعال heat of Compustion بالحرارة المتولدة عن الاحتراق الكامل للخشب في ظروف محكمة Cal/g.Cº. وبالطبع تكون الطاقة المتولدة عن احتراق الخشب في الظروف العادية أقل من احتراقه ضمن ظروف محكمة بسبب صرف جزء من الطاقة في تبخير الماء وفي تسخين الهواء الزائد والماء المتولد خلال الاشتعال.

كما تعرف الحرارة النوعية specific heat capacity بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة مقدرة بالحريرة.

ينتج الفحم الخشبي Charcoal عن الحرق الجزئي غير الكامل للأخشاب من خلال التحكم بكمية الهواء المتوافرة في وسط الاحتراق، كما يعدُّ الفحم الخشبي أحد منتجات تقطير الخشب أو إماهة الخشب (حميد، 2007). وتعدُّ الغابة مصدراً مستداماً لخشب التفحيم و ذلك من خلال تفحيم الأخشاب الناتجة عن عمليات تقليم الأشجار أو تقطيرها. ويتم الحصول على الفحم في سورية وفقاً للطريقة التقليدية والتي تتلخص بعمل الفحم بالمتارب البلدية (Grammel, 1989)، وفقاً للخطوات الآتية:

أ- تجهيز أرض المترب: يتم تجهيز المترب بتسوية الأرض بشكل جيد، إذ إن ميول أرض المترب يتسبب بخلل في توزيع الاشتعال ضمن الأخشاب المرتبة بشكل منتظم. يتخذ المترب الشكل الدائري وتتعلق مساحته بكمية الحطب المراد تحويلها إلى فحم ويتراوح قطر قاعدة المترب من 4-6 أمتار(صورة 1).

صورة (1) تجهيز أرض المترب

ب- تجهيز الأخشاب: تستخدم في التفحيم الأخشاب التي لا تصلح لأغراض النشر والصناعات الخشبية، حيث تستخدم الأخشاب الناتجة عن إزالة أغصان التاج والتفرعات التي يتراوح قطرها من 2–20 سم فأكثر كذلك الأغصان المعوجة، إذ يتم تقطيع الأغصان بأطوال تتراوح بين 50–100 سم (صورة 2).

صورة (2) تجهيز الأخشاب

ت- مرحلة التعمير: يقصد بالتعمير تنسيق الحطب وترتيبه بشكل يحقق التوازن في الاحتراق الجزئي واستمرار الاشتعال في أثناء عملية التفحيم. يبدأ تعمير الأخشاب بدءاً من مركز المترب حيث توضع الأخشاب بشكل عمودي في المنتصف، وترتب الأخشاب الباقية بشكل دائري عليها، إذ يتم إسناد كل قطعة على سابقتها ومع الابتعاد عن المركز يتم وضع القطع الخشبية بشكل مائل بحيث يأخذ المترب في النهاية شكل قبة تترك في وسطها فوهة من الأعلى إلى الأسفل يطلق عليها فوهة الإشعال. بعد ذلك ترصف حجارة متوسطة الحجم حول قاعدة القبة لإسناد الأخشاب الطرفية وتنظيم دخول الهواء من الأسفل (صورة3).

صورة (3) مرحلة التعمير

ث- تغطية الأخشاب: وفي هذه المرحلة يغطى سطح القبة بالكامل بأوراق الأشـــجار والأفرع الصغيرة والتي تغطى بدورها بطبقة من التراب الناعم بسماكة 3 سم لمنع دخول الهواء قدر الإمكان وتنظيم عملية الاحتراق، هذا وتتـــرك فوهـــة الإشـــعال دون تغطيـــة ويخصص لها غطاء خاص (صورة 4).

صورة (4) مرحلة تغطية الأخشاب

ج- مرحلة الاشتعال: وتتم هذه المرحلة بإدخال كمية من الحطب في فوهة الإشـــعال وإشعالها ومن ثم تغطية الفوهة بالغطاء الخاص بها، بعد ذلك تتم تغذية الاشتعال بالحطب الناعم وفقاً للحاجة حتى يتم التأكد من اشتعال طبقة الأخشاب في القمة من ثم تغلق الفوهة وتبدأ مرحلة المراقبة خوفاً من حدوث فتحات ضمن الغطاء الترابي ودخول الهواء فيهـــا وحدوث احتراق كامل.

ح- مرحلة التخمير: والمقصود بها انتهاء الاحتراق فـــي أســـفل المتـــرب وتفحـــم الأخشاب الموجودة على محيطه ومن العلامات التي تدل على الوصول إلى هذه المرحلة خروج الدخان والنار من بين الحجارة المرصوفة على محيط المترب وتشير هذه المرحلة إلى انتهاء عملية التفحيم و التي تستمر 10-15 يوماً (صورة 5).

صورة (5) مرحلة التخمير

خ- مرحلة الفتح: بعد انتهاء الاحتراق وظهور علامات النضج تتم إزالـــة التربـــة والحجارة بشكل كامل باستخدام المشط والشوكة وتخليص الفحم المنتج من التربة والرماد مع إخماد النار التي قد تندلع نتيجة بقاء بعض الأفرع والأغصان دون احتراق. يبقى الفحم المنتج مدة 24 ساعة، من ثم يعبأ في بأكياس بعد تدريجه حسب الشكل والحجـــم ليـــصبح بذلك جاهزاً للتسويق (صورة 6).

صورة (6) مرحلة الفتح

د- مردود الفحم: إن مردود عملية التفحيم يختلف حسب النوع الخشبي حيث يتم الحصول على 1 كغ من الفحم بتفحيم 4 كغ من خشب السنديان أو 5 كغ من خشب الأوكاليبتوس، وبشكل عام تتراوح نسبة تحويل الخشب إلى فحم 15-20% من وزن الخشب.

وهناك طرائق أخرى تستخدم في دول أخرى مثل طريقة الأفران المعدنية المتنقلة (Barge *et al.,* 1998)، (الزغت، 1966)، (Knigge and Schultz, 1966). وتقنية تقطير الخشب (إماهة الخشب) للحصول على الفحم الخشبي منتجات متعددة مثل الغاز القابل للاحتراق، الكحول الإيتيلي، حمض الليمون، الإستر، الأسيتون، القطران الخفيف والقطران الثقيل (Barge *et al.,* 1998)، (Procksiepe, 1971)، (Patzak and Schulz, 1978)، (Bauer *et al.,* 1981). ويتم تصنيف الفحم الخشبي المنتج حسب النوع الخشبي المنتج منه حيث يعدُّ فحم السنديان من أجود أنواع الفحم، كذلك يمكن تصنيف الفحم حسب الحجم والشكل إذ نميز في هذا المضمار فحم الأركيلة الذي يكون بأحجام صغيرة وأقطار صغيرة ويأخذ الشكل الاسطواني وفحم الشواء والتدفئة والطهي والذي يكون بأحجام كبيرة وأقطار كبيرة وأشكال مختلفة. ويمكن تصنيف الفحم الخشبي وفقاً لحرارته النوعية وحرارة الاحتراق (حميد، 2005)، (Seeger, 1980)، (Marutzky, 1980)، (Sinner, *et al.,* 1978). ويستعمل الفحم الخشبي للأغراض الآتية:

أ- في التدفئة.

ب-للطهي حيث يضفي على الطعام نكهة خاصة وهذا يعود إلى انتظام توزيع الحرارة وتجانسها عند الطبخ.

ت-أقراص فحم الأركيلة وتحضر بطحن الفحم الخشبي ومزجه بمواد لاصقة مثل النشاء ليصار إلى كبسه على شكل أقراص صغيرة، حيث تمتاز أقراص الفحم بقلة رمادها وتكون غير مدخنة وتعطي حرارة أكثر وبشكل منتظم وأنظف من قطع الفحم العادي.

ث-الفحم المنشط ويحضر بطحن الفحم الخشبي إلى حبيبات صغيرة جداً (ميليمترية) يتم تنشيطها بالبخار، حيث يستخدم الفحم المنشط في الفلاتر المائية والغازية.

ج- في صناعة التعدين (الحديد، الألمنيوم، النحاس).

ونظراً لقلة البحوث التي تتناول الخصائص الفيزيائية والظاهرية للفحم المصنع في سورية وجدت أنه من الأهمية بمكان دراسة الصفات الظاهرية والفيزيائية لفحم بعض الأنواع الخشبية (السنديان العاديQuercus calliprinous والسنديان البلوطي Quercus infectoria والقطلبArbutus andrachne والأوكاليبتوس Eucalyptus camaldulensis).

مواد البحث وطرائقه

1- تم الحصول على 500 غ من الفحم الخشبي المصنع باستخدام الطريقة التقليدية الموضحة أعلاه من مشروع التربية والتنمية في قرية مرداش (في سهل الغاب) لكل من السنديان العادي Quercus calliprinous والسنديان البلوطي Quercus infectoria والقطلبArbutus andrachne والأوكاليبتوس Eucalyptus camaldulensis.

2 – حُددت الخصائص الظاهرية لفحم هذه الأنواع من خلال المقطع العرضي لها (الخشونة، اللمعان، وضوح حلقات النمو السنوية والأشعة، التشقق، مظهر التوهج) كما ترى بالعين المجردة لقطع من الفحم بقطر 5-10 سم.

3- حُددت الخصائص الفيزيائية لها من حيث الحرارة النوعية وحرارة الاحتراق وفق Tyler (2001) وذلك بأخذ ثلاث عينات لكل منهما وفيما يأتي شرح واضح للطرائق المتبعة:

تحديد الحرارة النوعية

- لف قطع الفحم بورق القصدير بعد وزنها mp غ.
- وضع قطع الفحم في دورق زجاجي يحوي 400 ملم ماء.
- نسخن ماء الدورق حتى درجة الغليان وننتظر بضع دقائق حتى تكتسب قطع الفحم درجة غليان الماء عندها نسجل درجة الغليان.

- نزن الوعاء الداخلي للمسعر الحراري ثم نضع فيه الماء حتى منتصفه تقريباً.
- نزن الوعاء الداخلي للمسعر الحراري مع الماء بعدها نحصل على وزن الماء بحساب الفرق ما بين وزن الوعاء الداخلي للمسعر مع الماء ودونه.
- نقيس درجة حرارة الماء في الوعاء الداخلي للمسعر.
- نرفع قطع الفحم من الدورق ونضعها في الوعاء الداخلي للمسعر، نعيد غطاء المسعر ونراقب درجة حرارة المزيج حتى تبلغ النهاية العظمى و تحسب الحرارة النوعية من العلاقة الآتية:

$$C = \frac{(Cw\ X\ mw + Ck)(Q3-Q1)}{mp(Q2-Q3)}$$

C: الحرارة النوعية للفحم. Cal \ g.C°

Cw: الحرارة النوعية للماء = 1 Cal\g.C°.

mw: كمية الماء في الوعاء الداخلي للمسعر الحراري g.

Ck: المكافئ المائي للمسعر (0.24 × وزن الوعاء الداخلي للمسعر).

Q1: درجة الحرارة الابتدائية للمسعر الحراري مع الماء C°.

Q2: درجة حرارة قطع الفحم (حرارة غليان الماء) C°.

Q3: درجة حرارة المزيج بعد وضع قطع الفحم الساخنة C°.

تحديد حرارة الاحتراق

- نأخذ قطعة من الفحم نزنها بعد التوهج ونضعها في علبة من المعدن الخفيف ثم نغلقها.
- توضع العلبة في الوعاء الداخلي للمسعر الحراري.
- تقاس درجة الحرارة وكمية الماء في المسعر.
- بعد دقيقتين تكون كمية الحرارة في العلبة قد انتقلت للماء.
- يوزن الفحم بعد أن ينطفئ.
- كمية الحرارة التي اكتسبها الماء تساوي كمية الحرارة التي نشرها الفحم في تفاعل احتراقه. تحسب حرارة الاحتراق من العلاقة الآتية:

$$Q = C \times m \times \Delta T$$

Q: حرارة الاحتراق {كمية الحرارة الناتجة عن حرق قطعة الفحم المختبرة تحسب بناءً عليها حرارة احتراق غرام واحد من الفحم (Cal/g.C °)} .

C: الحرارة النوعية للماء = 1 Cal\g.C°.

m: كتلة الماء g.

ΔT: فرق درجة الحرارة للماء.

التحليل الإحصائي: حللت النتائج وفقاً للبرنامج الإحصائي نظام SPSS وذلك بحساب كل من المتوسط الحسابي Mean و الانحراف القياسي Standard Deviation للعوامل المدروسة وتحليل مدى الفروق المعنوية لمكررات كل عامل (ثلاثة مكررات) لكل نوع مدروس من الفحم ومقارنته بقيمة هذا العامل بالنسبة إلى فحم السنديان العادي و الذي يعدُّ من أجود أنواع الفحم بمستوى معنوية 0.05 إذ تم ترتيب قيم العوامل المدروسة للأنواع المدروسة تصاعدياً باستخدام برنامج Hierarchical Cluster ضمن نظام البرنامج الإحصائي SPSS.

النتائج و مناقشتها

1- نتائج دراسة الصفات الظاهرية:

لوحظ أن فحم السنديان العادي وزنه ثقيل، مقطعه العرضي لامع متشقق مع الأشعة الخشبية، حلقات النمو السنوية لا تظهر بوضوح، يبقى عليه القلف ملتصقاً بعد عملية التفحيم ويحتاج إلى 5 دقائق حتى يبدأ بالاشتعال ويستمر توهجه 10 دقائق فضلاً عن أنه لا يعطي دخاناً في أثناء الاشتعال ويبقى متماسكاً لا يتفتت بعد توهجه. في حين نجد أن فحم القطلب وزنه أخف مقارنة بالسنديان العادي، مقطعه العرضي أملس و بريقه واضح ومميز وتظهر به حلقات النمو السنوية بوضوح، أثناء اشتعاله يتطاير منه شرر ويتفتت بعد مدة من توهجه، بعد 6 دقائق يكتمل توهجه.

فحم السنديان البلوطي متوسط الوزن مقارنة بالسنديان العادي، مقطعه العرضي لامع قليلاً، حلقات النمو السنوية تظهر بوضوح نسبي مع الأشعة. يبدأ بالاشتعال بعد 8 دقائق.

فحم الأوكاليبتوس خفيف الوزن أيضاً وبطيء الاشتعال، الأشعة وحلقات النمو السنوية لا تظهر بوضوح في مقطعه العرضي، أهم ما يميزه أنه يعطي دخاناً له رائحة في أثناء اشتعاله.

2-نتائج الخصائص الفيزيائية:

يلخص الجدول (3) نتائج الاختبارات للخصائص الفيزيائية (متوسط الحرارة النوعية Cal/g.C°، متوسط حرارة الاحتراق Cal/ g.C °) لفحم كل من السنديان العادي *Quercus calliprinous* والسنديان البلوطي *Quercus infectoria* والقطلب *Arbutus andrachne* والأوكاليبتوس *Eucalyptus camaldulensis* حيث يستنتج منه ما يأتي:

• بالنسبة إلى الحرارة النوعية:

أبدت المتوسطات الحسابية لقيم الحرارة النوعية لكل من فحم السنديان العادي *Quercus calliprinous* وفحم السنديان البلوطي *Quercus infectoria* وفحم القطلب *Arbutus andrachne* وفحم الأوكاليبتوس *Eucalyptus camaldulens* فروقاً معنوية واضحة فيما بينها وذلك بمستوى معنوية 5%، حيث قام برنامج Hierarchical Cluster

ضمن نظام البرنامج الإحصائي SPSS بترتيب قيم متوسطات الحرارة النوعية لفحم الأنواع المدروسة تصاعدياً كما يأتي: فحم السنديان العادي، السنديان البلوطي، فحم القطلب، فحم الأوكاليبتوس.

• بالنسبة إلى حرارة الاحتراق:

أبدت المتوسطات الحسابية لقيم حرارة الاحتراق لكل من فحم السنديان البلوطي *Quercus infectoria* والقطلب *Arbutus andrachne* والأوكاليبتوس *Eucalyptus camaldulens* فروقاً معنوية واضحة فيما بينها من جهة وبين المتوسط الحسابي لقيمة الحرارة النوعية لفحم السنديان العادي*Quercus calliprinous* من جهة أخرى وذلك بمستوى معنوية 5% إذ يعدُّ فحم السنديان العادي من أجود أنواع الفحم، حيث قام برنامج Hierarchical Cluster ضمن نظام البرنامج الإحصائي SPSS بترتيب قيم متوسطات حرارة الاحتراق لفحم الأنواع المدروسة تصاعدياً باستخدام برنامج Hierarchical Cluster ضمن نظام البرنامج الإحصائي SPSS كما يأتي: فحم الأوكاليبتوس، فحم القطلب، فحم السنديان البلوطي، فحم السنديان العادي. وبذلك نجد أن فحم السنديان العادي هو أجودها في حين يعدُّ فحم الأوكاليبتوس أقلها جودة .

الجدول (3) الخصائص الفيزيائية للفحم المنتج من الأنواع الخشبية المدروسة.

نوع العينة	متوسط الحرارة النوعية Cal/g.C°	الخطأ المعياري	الانحراف القياسي	متوسط حرارة الاحتراق Cal/g.C °	الخطأ المعياري	الانحراف القياسي
فحم السنديان العادي	*0.263	0.0034	0.0058	*842.26	1.245	2.1557
فحم السنديان البلوطي	*0.455	0.0014	0.0025	*557.54	0.586	1.0158
فحم القطلب	*0.658	0.0068	0.0117	*382.15	0.095	0.1653
فحم الأوكاليبتوس	*0.874	0.0043	0.0075	*286.1	0.361	0.6245

*مستوى المعنوية 0.05

التوصيات والمقترحات

- التوسع في صناعة الفحم الخشبي محلياً بالاستفادة من الأحطاب الناتجة عن عمليات التربية والتنمية.
- استمرار الدراسة على أنواع الفحم الخشبي للأنواع الخشبية المحلية الأخرى والمدخلة والتي لم تجرَ عليها أي تجارب خاصة بالتفحيم.
- استخدام تقنيات وأساليب جديدة في صناعة الفحم وفقاً للطرائق المذكورة في الدراسة المرجعية لهذا البحث.
- تشجيع إقامة منشآت للتفحيم نظراً للمردودية الاقتصادية العالية للفحم مقارنة بتجارة حطب الوقود الخام.
- الاستفادة من نتائج هذا البحث في اختبارات جودة الفحم الخشبي لدى هيئة المواصفات والمقاييس السورية.

REFERENCES المراجع

الزغت، معين. (1966). أساسيات ومبادئ علوم الغابات والحراج-الجزء الثـــاني الخـــشب واســـتعمالاته -مطبعة الشركة العربية.

حميد، محمود. (2005). إمكانية الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات صناعة عصر الزيتون. بحث منشور في مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد 21-العدد 12: 113-124.

حميد، محمود. (2007). علم الأخشاب ومنتجات الغابة، منشورات كلية الزراعة-جامعة دمشق (504 صفحة).

زهوة، سليم. (1997). استغلال الحراج، كلية الزراعة، منشورات جامعة حلب.

Arola, R. A. (2006). Wood fuels: How do they stack up? Proc. Conf. Energy and the Wood Products Industry. For. Res. Soc. 40 (2):115-138.

Barge U., Hapla F., Huester H., Roffael E. und Schaefer M. (1998). Holzbiologie und Holztechnologie. Institut fuer Holzbiologie und Holztechnology der Georg-August-Universitaet Goettingen. P. 400.

Bauer, H., Neusser, H. und Flury, O. (1981). Energie aus Holz. Allgm. Forstzeitung 92, 7. wien.

Brocksiepe, H. G. (1971). Holzverkohlung. In Winnacker, K. u. Kuechler, L.: Chemische Technologie. Bd. 3. Muenchen. Carl Hanser Verlag.

F.A.O, 2003: Forest Products. Year book.Grammel, R. (1989). Forstbenutzung. Hamburg: Berlin. Baul Parey Verlag. 158-173.

ISBN: 3-490-03716-2.

John, G. Haygreen and Jim L. Bowyer. (1982). Forest products and wood science. An introduction, First Edition. The Iowa state university press.

John, G. Haygreen and Jim L. Bowyer and Rubin Shmulsky. (2003). Forest products and wood science. An introduction, Fourth Edition. The iowa state university press.

Knnige, w. und Schultz, H. (1966). Grundriss der Forstbenutzung. Hamburg: Berlin. Baul Parey Verlag. P. 445-496.

Marutzky, R. (1980). Verkohlung, Pyrolyse und Vergasung von Holz und pflanzlichen Reststoffen. In: V. Bossel: Heizen mit Holz. Tagungsbericht der SOLENTEC am 1. 2. 1980 in Goettingen. Aufl. Goettingen. P. 117-201.

Patzak, W. und Schulz, H. (1978). Bedeutung und Zukunft von Holz als Energietraeger, insbesondere in der Holzindustrie. Holz als aroh- und Werkstoff. 35, 3, 89-90.

Seeger, H. G. (1980). Eigenschaften fester Biobrennstoffe. In: Heizen mit Holz, Tagungsbericht der SOLENTES Gesellschaft fuer solar und energiesparende technologien GmbH. Vom 1 Februar 1980.

Sinner, M., Parameswaran, N. und Ditrichs, H. H. (1978). enzzipatische Hydrolyse der Zellwand – Cellulose in Abhaengigkeit von Xylan, Manoran- und Lignineentfernung. Das Papier 32, 12, 530-532.

Tyler, F. (2001). A laboratory manual of physics SI Units. Edward Arnold (Publishers) LTD. London. P. 275. ISPN: 0713122536.

Received	2008/04/02	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2009/02/26	قبول البحث للنشر