مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

Determination of Some Physical Properties of Charcoal Four woody Species

Dr. Caleb Shahada*
Dr. Osama Rdoan**

(Received 29 / 5 / 2017. Accepted 2 / 11 /2017)

□ ABSTRACT □

The present study aimed to determine the physical properties of charcoal from some wood species (*Quercus calliprinos*, *Olea oleaster* , *citrus aurantica* and *Arbutus andrachne*). The charcoal of *Quercus calliprinous* has heavy weight, harsh surface, section cross shows radial fissured; unclear annual growth rings. Bark was pasted after carbonized. It needs 5 minuets to complete lighting, while the charcoal of *Olea oleaster* has a medium weight compared with prior species , very harsh surface and the bark was pasted , cross section has strong luster and very clearly annual growth rings , it needs 6 minuets to complete lighting, whereas the charcoal of *citrus aurantica* has light weight, smooth, shows clearly both of luster and annual growth rings, moreover it was noted absence of bark, cross section was fissured, lighting was slowly,It needs 6 minutes to complete lighting, the preceding species were no smoke or smell and they remain firm after glowing for long time more than two hours, regarding the charcoal of *Arbutus andrachne* it was the lesser weight compared with others species, smooth, clear luster, cross section shows clearly annual growth rings, radial fissures. It gives sparks during its lighting and needs 8 minuets to have a total glowing and breaks after combustion. The results of physical properties have proved that the charcoal of *Quercus calliprinous* has the highest value for heat of combustion; moreover, the value of heat of combustion for Charcoal of *citrus aurantica* is higher than that for the charcoal of *Olea oleaster*, whereas the charcoal of *Arbutus andrachne* recorded the lowest value for the heat of combustion. Therefore, the charcoal of *Quercus calliprinous* was considered the best type of charcoal. The charcoal of *Arbutus andrachne* gave the highest value for the specific heat capacity. While the charcoal of *Quercus calliprinous* recorded the lowest value for the specific heat capacity. The specific heat capacity for charcoal of *Olea oleaster* is lower than that for the charcoal of *citrus aurantica*.

Key words: Charcoal, Physical Properties, Combustion, Specific heat capacity, Combustion time, Combustion continuance.

* **Associate professor - Faculty of Agriculture - Tishreen University - Lattakia – Syria**
** **Associate professor - Faculty of Agriculture - Tishreen University - Lattakia – Syria**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

تحديد بعض الخصائص الفيزيائية لفحم أربع أنواع خشبية

الدكتور غالب شحادة*
الدكتور أسامة رضوان**

(تاريخ الإيداع 29 / 5 / 2017. قبل للنشر في 2 / 11 / 2017)

□ ملخّص □

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الفيزيائية لفحم بعض الأنواع الخشبية (السنديان العادي، الزيتون، الليمون الحلو، القطلب) إن فحم السنديان العادي وزنه ثقيل ، سطحه خشن ، مقطعه العرضي أظهر تشققات شعاعية ، حلقات النمو السنوية غير واضحة ، القلف يلتصق بعد التفحيم ، يحتاج إلى 5 دقائق حتى يكتمل اشتعاله ، بينما فحم الزيتون له وزن متوسط بالمقارنة مع النوع السابق ، سطحه خشن جداً والقلف ملتصق به ، مقطعه العرضي لماع بشدة وحلقات النمو السنوي واضحة جداً ، يحتاج إلى 6 دقائق حتى يكتمل اشتعاله ، في حين فحم الليمون الحلو وزنه خفيف، أملس ، أظهر وضوحاً في لمعانه وحلقاته السنوية ، علاوة على ذلك لوحظ غياب القلف ، مقطعه العرضي مشقق ، اشتعاله بطيء ، يحتاج إلى 6 دقائق حتى يكتمل اشتعاله ، الأنواع السابقة لا دخان ولا رائحة لها وتبقى متماسكة بعد توهجها . فيما يتعلق بفحم القطلب فهو أقل وزناً من الأنواع الأخرى، ناعم، ذو لمعان واضح مقطعه العرضي حلقات النمو السنوية بشكل واضح، تشققاته شعاعية. يعطي شرارات خلال اشتعاله ويحتاج 8 دقائق ليكتمل توهجه وهو يتكسر بعد الاحتراق. نتائج الخصائص الفيزيائية أثبتت أن فحم السنديان العادي أعطى أعلى قيمة لحرارة الاحتراق، علاوة على ذلك كانت قيمة حرارة احتراق فحم الليمون الحلو أعلى من حرارة احتراق فحم الزيتون، في حين سجل فحم القطلب أقل قيمة لحرارة الاحتراق، لذلك يعتبر فحم السنديان العادي أفضل نموذج للفحم. فحم القطلب أعطى أعلى قيمة للحرارة النوعية، بينما فحم السنديان العادي سجل القيمة الدنيا للحرارة النوعية. الحرارة النوعية أقل منها في فحم الليمون الحلو.

الكلمات المفتاحية: الفحم الخشبي، الخصائص الفيزيائية، الاشتعال، الحرارة النوعية، زمن الاحتراق، استمرارية الاحتراق.

* أستاذ مساعد- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية
* أستاذ مساعد- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية

مقدمة:

تبلغ مساحة الأراضي المغطاة بالنبت الحراجي في سورية 462000 هكتار، أي ما يعادل 2.5% من المساحة الإجمالية للقطر العربي السوري. يمثل النبت الحراجي الطبيعي فقط 1.26 % من المساحة الإجمالية للقطر مع العلم أن جزءاً بحدود 60% من هذا النبت هو متدهور ويحتاج إلى حماية وإلى إدارة سليمة (نحال وأخرون ، 1997).

وانطلاقاً من الحالة المتدهورة للغابات والظروف البيئية والطبوغرافية لمناطق تواجدها والحالة الاقتصادية للسكان والتعديات المختلفة التي تتعرض لها بشكل دوري فإننا لا نستطيع توجيها إلى الإنتاج الخشبي الكمي أو النوعي لسد الاحتياجات المتزايدة من الأخشاب. إلا أننا نكون مطالبين بحسن إدارة الأخشاب الناتجة عن الغابات ذات الطابع الوقائي والتي تنتج من مصادر عديدة مثل عمليات التربية والتنمية التي تنتج لنا سنوياً المئات من الأطنان الخشبية، كذلك الحرائق المتكررة تخلف وراءها الآلاف من الأطنان من الأخشاب المحروقة بشكل جزئي (الملفوحة) الصالحة لبعض الصناعات والتي تذهب لعمليات التفحيم وتباع في المزادات بأسعار متدنية. فضلاً عن الأخشاب المقطوعة من جراء شق الطرقات ضمن الغابات، وتلك الناتجة عن عمليات قلع الأشجار المثمرة واستبدالها في النظم الزراعية الحراجية (أسود، 2009).

يعد الخشب من أهم منتجات الغابة ذات الأصل الحي فهو مادة عضوية مسامية هيغروسكوبية . يتكون الخشب أساساً من السيللوز بنسبة 40–50 % وأنصاف السيللوز بنسبة 20–30% وترتبطان ببعضهما البعض بمادة الخشبين بنسبة 25–30% ، حيث بالرغم من كثرة المواد في العمارة والديكور ابتداءً من الحديد مروراً بأنواع المعادن كافة وصولاً إلى الزجاج لم تستطع أي من تلك المواد أن تأتي بديلاً عن الخشب (ASSOUAD A.,2003) وهو المحصول الرئيسي الناتج من استثمار الغابات وقد استخدم الخشب منذ فجر التاريخ في صناعة كل ما يحتاج إليه الإنسان ، ويتميز الخشب بعدة صفات كسهولة الحصول عليه من الأشجار وقوة تحمله وصلابته وسهولة التشكيل والقطع كاستخدامه في صناعة الأثاث وأرضيات البيوت وغيرها، إلا أن الاستخدام الرئيسي للخشب كان الحصول على الوقود لإشعال النار كمصدر للتدفئة وأعمال الطهي ، ومنه تم انتاج الفحم النباتي الذي يعتبر أهم نشاط اقتصادي في المناطق الريفية كمصدر هام للطاقة الذي يستخدم كوقود وخاصة في البلدان النامية التي تعتمد على الخشب في حصولها على الطاقة.

إن نقص الطاقة إن لم نقل ندرتها الذي ازداد في السنوات الأخيرة بشكل مؤثر كنتيجة لازدياد عدد السكان و كضريبة للحضارة والمدنية (DUKU and HAGAN , 2011) بالإضافة إلى المزيد من الأراء و التوصيات التي نبهت على استهلاك الخشب كوقيد وخاصة فحم الخشب فقد قدر استهلاك الخشب كوقيد في افريقيا بنحو 545 مليون م 3 و حوالي 46.1 مليون طن لإنتاج الفحم بحلول عام 2030 (ARNOLD and PERSSON , 2003) وتعتبر غانا من بين أهم دولتين في غرب افريقيا باستهلاك الفحم الخشبي ، الذي يشير إلى أهمية طاقة الفحم في تطوير الاقتصاد الاجتماعي (FAO , 2001) (YEVICH and LOGAN , 2003) و قد أشار (BENJAMIN, *et al* , 2011) إلى أن العاملين في انتاج الفحم في شمال غانا حوالي 70 % منهم هم من النسوة اللاتي يبحثن عن لقمة العيش وتعتبر المهنة الرئيسة الثانية في تلك المنطقة ، حيث أشارت دراسات عديدة إلى أنه حوالي مليارين من البشر يعيش معظمهم في المناطق الريفية للدول النامية يعتمدون إلى حدّ كبير على حرق حطب الوقيد و الفحم النباتي لتلبية احتياجاتهم الأساسية الخاصة بالطبخ والتدفئة، ففي عام 1980م بلغت نسبة السكان المعتمدين على خشب الوقيد كمصدر للطاقة حوالي نصف سكان اليابسة (زهوة،1997) إضافة لذلك فقد احتل الفحم

المرتبة الثانية بعد البترول كمصدر للطاقة حيث شكّل 23% من الاستهلاك العالمي للطاقة و حتى في البلدان المتطورة يلاقي الحصول على الوقود و الطاقة من الخشب إقبالاً كبيراً حيث أن أكبر مصدر للطاقة في أوروبا حالياً هو الخشب (يعادل قرابة نصف استهلاك الطاقة في أوروبا)، وفي بولندا و فلندا يسد الخشب أكثر من 80% من الطلب على الوقود و الطاقة (زهوة،1997) ، حتى في ألمانيا التي أغدقت معونات ضخمة على طاقتي الشمس والرياح فإن 38% من استهلاك الوقود هو من الخشب، خاصة أن طاقة الخشب ليست طاقة متقطعة مثل الطاقة التي تنتجها الرياح أو الشمس. أما في سوريا ازداد الطلب على الفحم الخشبي كثيراً وبدأت عمليات استغلال الغابة بشكل عشوائي وغير قانوني للحصول على الفحم بعيداً عن التراخيص التي تمنحها مديرية الحراج في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي وبالإضافة إلى ذلك تم استيراد كميات كبيرة منه من الخارج لتوفير حاجة السكان من خشب الوقيد نظراً لأن سوريا لا تملك غابات إنتاجية كبيرة وقد بلغ إنتاج سوريا من الفحم الخشبي حسب إحصائيات الـ FAO لعام 2003 (4000طن) في حين بلغ الإنتاج العالمي 43.847 مليون طن للعام نفسه. ولكن لا يخفى أن استخدام الخشب و الفحم كوقود هو أمر خطير للغاية بسبب ما ينتج عنه من جسيمات دقيقة وغاز أول أكسيد الكربون فطبقاً لتقرير من منظمة الصحة العالمية تسبب تلوث الهواء في حوالي 7 ملايين حالة وفاة سنة 2012م ، أكثر من نصف هذه الحالات كانت بسبب الدخان المتصاعد من مواقد الطبخ والتدفئة في الأماكن المغلقة ، عدا عما يسببه استخدام الخشب في الوقود من استنزاف للغابات عل مستوى العالم و خاصة في البلدان النامية مما دفع البلاد المصدرة للخشب على مستوى العالم إلى استزراع الغابات للحصول على الأخشاب لاستخدامها في الصناعة أو لاستخدامها في إنتاج الطاقة و الوقود أو في مختلف المجالات الأخرى (الزغت، 1966). وسنتطرق في بحثنا هذا إلى كيفية إنتاج الفحم من الخشب كشكل من أشكال الوقود ودراسة صفات الفحم الميكانيكية والفيزيائية وكذلك تأثيره على الصحة بشكل عام.

أهمية البحث وأهدافه:

نظراً لأن سوريا لا تمتلك غابات إنتاجية يمكن الاعتماد عليها لتوفير حاجة السكان من خشب الوقيد لكنها تحوي مساحات جيدة مزروعة بالأشجار المثمرة، هذه الأشجار تخضع لعمليات تقليم سنوية ينتج عنها كميات كبيرة من الأحطاب. بعض هذه البقايا يستخدم في التدفئة في المناطق المرتفعة وبعضها الآخر يترك ليتحلل بالتربة وقد يشكل مصدراً هاماً للأمراض التي تصيب النباتات. يمكن الاستفادة من هذه البقايا بتحويلها إلى فحم قابل للاستخدام في مجالات متعددة، نظراً لكون حجمه قليل مقارنة مع حجم الأخشاب، وقابليته للنقل والتخزين أسهل ومردوده الحراري أكبر، وعملية تحويله لا تتعلق بموسم أو بفصل بل يمكنها أن تتم بعد عمليات التقليم مباشرة. ومن هنا نحاول في هذه الدراسة إلى الإشارة إلى بعض الخصائص الظاهرية والفيزيائية للفحم الناتج عن أربع أنواع من الأشجار (السنديان– الليمون – القطلب – الزيتون) من حيث القلف، الملمس، المقطع العرضي، التوهج والاحتراق، زمن الاحتراق وديمومته، وكذلك تحديد الحرارة النوعية وحرارة الاحتراق.

الدراسة المرجعية:

الفحم هو مادة أساسية لقيام المدنية قديماً حيث كان يستعمل كوقود لتوليد الطاقة ويستخدم في بعض الأغراض المنزلية أيضاً يستخدم بالتدفئة والطهي والشواء (KOUAMI , *et al* , 2009). أما في البلاد التي يوجد فيها فائض من خشب الغابات، فيمكن تحويله إلى فحم نباتي ثم استعماله في بعض المشاريع الكبيرة كتوليد الكهرباء. إن جودة الفحم وحصيلة انتاجه تعتمد بشكل رئيسي على جودة الأخشاب المستعملة التي تتضمن مجموعة من العوامل مثل

الخصائص الفيزيائية ، الكيميائية ، الميكانيكية ، التشريحية وخاصة المحتوى العالي من اللجنين (كثافة الخشب) والمحتوى المنخفض من المستخلصات والعصارات (التركيب الكيميائي) هذه الخصائص لها التأثير الأكبر على محصول الفحم وجودته (BARBARA, *et al* , 2012) وكما هو معروف فإن عملية التفحيم هي حرق الخشب بشكل جزئي غير كامل من خلال التحكم بكمية الهواء المتوفرة في وسط الاحتراق في جو شبه مغلق (غير محكم الانغلاق) وتتم هذه العملية بهدف تسخين الخشب و رفع حرارته مما يعمل على تبخير الماء والزيوت الطيارة (درجة غليانها منخفضة) منه ويبقى التسخين مستمراً بالاشتعال الجزئي تحت درجات حرارة رطبة من100–600 درجة مئوية حيث وبالتالي يحترق جزءاً بسيطاً من الكربون الأخضر ويتطاير نحو (75–85) % من وزن الخشب. وينخفض وزن الخشب الطري في نهاية التسخين بقدر 75 – 85% من وزنه على الرغم من احتفاظ المواد الخشبية بحجمها وشكلها ... حيث يملأ الهواء المسامات والفراغات مما يعطيه الوزن الخفيف كذلك.

والجدول التالي يبين الفوارق ما بين الأخشاب الطرية والأخشاب القاسية من جهة وما بينهما والفخم الحجري من جهة أخرى حيث الجدول رقم (1) يظهر التحليل التقريبي لهذه الأخشاب حيث تحترق المواد المتطايرة على شكل غازات ويحترق جزء من الكربون الهيكلي وما يتبقى منه كرماد، حيث لوحظ تفوق الفحم الحجري على كلا النوعين من الأخشاب في نسبة الكربون الهيكلي وتقدم خشب عريضات الأوراق على خشب المخروطيات وكما هو معلوم كلما ارتفعت نسبة الكربون في الخشب زادت قيمة الخشب كوقود (الفحم).

الجدول رقم (1) تحليل الخشب كوقود ومقارنته بالفحم الحجري (JOHN *et al* ,1982)

الوقود	المواد المتطايرة %	الكربون الهيكلي (المتبقي) %	الرماد%
خشب المخروطيات	86.2	13.7	0.1
قلف المخروطيات	70.6	27.2	2.2
خشب عريضات الأوراق	77.3	19.4	3.4
قلف عريضات الأوراق	76.7	18.6	4.6
الفحم الحجري	43.4	51.7	4.9

ونلاحظ من الجدول رقم(1) أن نسبة المواد المتطايرة في خشب المخروطيات تكون أكثر من 85% من وزن الخشب وهذه النسبة تقل في عريضات الأوراق أما في الفحم الحجري نسبتها44% تقريباً هذا يعني أن نسبة الكربون المتبقي والرماد تكون أكبرها في الفحم الحجري تليه عريضات الأوراق ثم المخروطيات.

إن وجود الأنسجة النباتية في الفحم النباتي والحجري يدل على أنهما من أصل نباتي. والفحم النباتي يصنعه الإنسان بتسخين الخشب، ولونه الأسود سببه وجود عنصر الكربون، أما كون الفحم النباتي أخف من الخشب فلأن الخشب يفقد كمية من الماء عند تحويله إلى فحم نباتي وتزداد نسبة المسامات فيه. والماء في الخشب هو المسؤول أيضاً عن الدخان الكثيف عند حرقه. أما كون الفحم الحجري أثقل من الفحم النباتي فيرجع إلى المكونات المعدنية التي توجد في الفحم الحجري ولا توجد في الفحم النباتي.

وللفحم أنواع مختلفة فمنها الفحم المضغوط الذي هو عبارة عن فحم يصنع من مخلفات الفحم الحجري ويمكن التحكم في أشكاله بصورة أصابع اسطوانية قطرها 2 سم بطول من 10 إلى 20 سم. ومن مميزاته أنه لا يصدر رائحة أو دخان ويظل مشتعلاً لفترة طويلة، ويستخدم في المنازل بوصفه سهلاً للاستخدام ، وهناك الفحم الحجري الذي هو عبارة عن صخر أسود أو بني اللون قابل للاشتعال والاحتراق ويعتبر من أوائل المصادر التي استغلها الإنسان لإنتاج

الطاقة، حيث استغلها في الطبخ والتدفئة، ومع بدء العصر الصناعي الذي كان قائماً على الفحم الحجري حيث زاد الطلب عليه واستهلاكه ولهذا بدأ في بلاد مثل إنجلترا حفر مناجم الفحم الحجري لاستخراجه بكميات كبيرة (JOHN *et al*, 2003)، وأخيراً يأتي الفحم النباتي وهو عبارة عن مخلفات مكونة من كربون صرف تنتج عن عملية نزع الماء من المواد النباتية السيللوزية ، طريقة تحضيره تسمى بالتقطير الإتلافي (الحرق بمعزل عن الهواء) (الزغت، 1966) .

وتتم عملية الاحتراق بتفاعل الأوكسجين مع الكربون ليتشكل CO2 واتحاد هيدروجين الخشب مع أوكسجين الهواء ليتشكل الماء، ويأتي الأوكسجين جزئياً من الخشب لكن معظمه يأتي من الهواء حيث يحتوي الخشب على 6% هيدروجين و49% كربون و44% أوكسجين و1% عناصر معدنية كالسيوم ومغنيزيوم (حميد، 2007).

يبين الجدول(2) محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية مع ملاحظة احتواء الأخشاب الراتنجية على طاقة أكثر من غيرها من الأخشاب المماثلة لها وزناً حيث (Btu): هي وحدة طاقة حرارية بالنظام الانكليزي وتعادل 1055.06 جول بالنظام الدولي أما الليبرة (lb): فهي وحدة الوزن بالنظام الانكليزي وتعادل بالنظام الفرنسي المطلق 0.4536 كغ.

جدول رقم (2) محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية (JOHN *et al*,1982)

نوع الأخشاب	الخشب (Btu/lb)	القلف (Btu/lb)
غير راتنجية	8500-8000	9800-7400
راتنجي	9700-8600	10800-8800

وحسب المراجع أهل الخبرة هناك عدة طرق لصناعة الفحم النباتي:

أولاً: الطريقة التقليدية:

يصنع الفحم الخشبي بالمتارب البلدية حيث يطلق على المكان الذي تتم فيه عملية التفحيم بالمترب، وذلك باتباع مراحل سوف يتم شرحها بمواد وطرق البحث.

ثانياً: الطرق الحديثة ومنها:

1- **طريقة الأفران المعدنية المتنقلة:**

يجري التفحيم بوضع الحطب في أفران خاصة معدنية متنقلة، حيث يصل معامل التحويل إلى (30-35) % من وزن الخشب وتستمر مدة التفحيم من 3-4 أيام فقط. ومن مساوئ هذه الطريقة ارتفاع كلفتها وحاجتها إلى الإصلاح والصيانة ومحدودية الإنتاج والدقة في تجهيز وتناسب أبعاد الفرن (BARGE *et al.*,1998) .

2-**طريقة تقطير الخشب (إماهة الخشب):**

هي طريقة مشابهة لعملية التفحيم، وتختلف عنها في أن الخشب يعرض للتسخين في جو مغلق تماماً في أوعية خاصة، وتنتج من عملية التقطير إضافة إلى الفحم الخشبي منتجات متعددة مثل الكحول الإيتيلي، وحمض الليمون، والإستر، والأسيتون، والقطران الخفيف والقطران الثقيل (BROCKSIEPE, 1971; BAUER *et al*,1981).

هناك عوامل تؤثر في انتاج الفحم الجيد نذكر منها نوعية الأخشاب المستخدمة حيث أن الفحم الناتج من خشب أشجار السنديان والحمضيات والزيتون هي من أفضل الأنواع لإنتاج فحم جيد كما تلعب نسبة الكربون ودرجات الحرارة في جودة الفحم المنتج وكلما زادت درجات الحرارة اللازمة للتسخين والحرق الرطب عن 400° درجة مئوية قلت جودة

الفحم الناتج حيث تشارك كمية أكبر من كربون الخشب في الاحتراق وينخفض وزن الكربون المتبقي (المكون الرئيسي للفحم) (SEEGER,1980) وهناك نسبة الرطوبة في الفحم فكلما زادت نسبة الرطوبة قلت جودته.

يتم تصنيف الفحم المنتج حسب النوع الخشبي المنتج منه و حسب الحجم والشكل إذ نميز فحم المستخدم في التدخين الذي يكون بأحجام صغيرة وأقطار صغيرة ويأخذ الشكل الاسطواني والفحم المستخدم للأغراض المنزلية مثل الشواء والطهي والتدفئة الذي يكون بأحجام كبيرة وأقطار كبيرة وأشكال مختلفة، ويمكن تصنيف الفحم الخشبي تبعاً لحرارته النوعية وحرارة الاحتراق (SEEGER,1980) –(MARUTZKY,1980)– (حميد،2005) – (SINNER, *et al*,1978).

6-4 استعمالات الفحم النباتي:

أ– يستعمل الفحم النباتي في البلدان الفقيرة التي تعاني نقصاً في موارد الطاقة أو في الأرياف المهمشة والمهملة من البلدان الغنية والمتحضرة بطريقة الحرق المباشر للحصول على الطاقة ويقتصر استعماله على بعض الأغراض المنزلية كالتدفئة أو الطهي لأنه يضفي على الطعام نكهة خاصة، وهذا يعود إلى انتظام توزيع الحرارة وتجانسها أثناء الطبخ (زهوة،1997).

ب– يستعمل في بعض المشاريع الكبيرة كتوليد الكهرباء في البلاد التي يوجد فيها فائض من خشب الغابات حيث أن زمن احتراق كمية من الفحم النباتي أطول من زمن احتراق كمية مماثلة من الخشب، فللفحم النباتي قيمة حرارية أكبر من الخشب.

ت– الكربون المنشط يُستخدم في المرشّحات وأقنعة الغاز لإزالة الأبخرة السامة فهو يضم ثقوباً صغيرة. لا تحصى على سطحه وهي مثالية لحبس الأبخرة ويُصنع بالسماح للفحم الخشبي بالاحتراق لفترة وجيزة مع الأكسجين في نهاية عملية صنع الفحم الخشبي كما أن له ذو قدرة امتزازية عالية، أي أنه يجتذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء لذا يستخدم هذا الفحم في منظومات التهوية في العربات الفضائية وكمامات مواقد المطبخ، كما يستخدم أيضاً في تنقية السوائل، (فلاتر مياه الشرب، أحواض السمك) فيمر ماء الحوض المتسخ فوق الفحم النباتي المنشّط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقياً إلى الحوض (AROLA ,2006)، (MOHAMMAD-KHAH and ANSARI , 2009).

ث– يمكن تشكيله كأقراص لاستخدامه في التدخين في النوادي والمقاهي حيث تتميز أقراص الفحم بقلّة رمادها ولا تنتج الدخان بحرقها وتعطي حرارة أعلى وأكثر انتظاماً، وهي أنظف من قطع الفحم العادي(AROLA ,2006) ، كما يمكن تشكيله في عيدان تستخدم كمادة للرسم.

ج– يساعد الفحم النباتي في علاج التسمم عند الأطفال والبالغين كحالات التسمم الناتجة عن الجروح وحالات التسمم الناتجة عن النباتات السامة ولدغات النحل أو لدغات الحشرات الأخرى ولدغات العناكب والثعابين.

طرائق البحث و مواده:

أ– المادة النباتية المستخدمة: تم الحصول على المادة النباتية من مشروع التربية والتنمية في دائرة الحراج في اللاذقية ومن مركز البحوث الزراعية باللاذقية على اعتبار أنها تنتشر في اللاذقية بشكل واسع وأن الفحم الذي تنتجه مرغوب من قبل المستهلكين للفحم وفيما يلي الأنواع المستخدمة (رضوان،2010):

–السنديان العادي *Quercus calliprinos*: من الأشجار دائمة الخضرة تنتشر بشكل واسع في المناطق الشرقية للبحر المتوسط وغربي آسيا في إيران والعراق وسورية وليبيا، يعد فحم السنديان من أجود أنواع الفحم إذ أنه

يشتعل بسرعة ويحافظ على اشتعاله لفترات أطول يمتاز بوزنه الثقيل لا يصدر دخاناً أثناء اشتعاله ويبقى متماسكاً لا يتفتت بعد التوهج يستخدم بكثرة لإشعال الأركيلة والطهي نظراً لتوفره بأسعار جيدة مقبولة

-القطلب العثكولي *Arbutus andrachne*: من الأشجار دائمة الخضرة التي تنتشر في منطقة البحر الأبيض المتوسط من لبنان إلى سوريا واليونان وتركيا، يعد فحم القطلب أقل جودة من فحم السنديان لأن احتراقه بطيء وزنه أخف من السنديان سعره أقل من السنديان.

-الليمون الحلو *citrus aurantica*: من الأشجار المثمرة التي تنتشر بكثرة على سواحل البحر الأبيض المتوسط من سوريا وفلسطين شرقاً وحتى المغرب وتونس واسبانيا غرباً. لا يصدر رائحة ولا ينتج عنه دخان ولا ينتج عنه شرر ويستمر اشتعاله فترة طويلة.

-الزيتون *Olea oleaster*: من الأشجار المعمرة الدائمة الخضرة ينتشر في حوض البحر المتوسط وجميع دول العالم وتعد سوريا من الدول الغنية بأشجار الزيتون على الصعيدين العربي والعالمي حيث تعد السادسة عالمياً بغناها بالزيتون. للزيتون مصدران يمكن من خلالهما الحصول على الفحم أولاً عن طريق حرق مخلفات عصر الزيتون وإضافة مواد مشتعلة لها لتصبح فحماً صناعيا يستخدم في التدفئة وأعمال المنزل والطريقة الثانية والأهم لبحثنا هو الحصول على الفحم النباتي الطبيعي عن طريق تفحيم بقايا تقليم أفرع وأغصان الزيتون.

ب-القيام بعملية التفحيم بالطريقة التقليدية وذلك باتباع المراحل الآتية:

- تم إزالة المعوقات وتسوية سطح الأرض في مكان المترب وتم تشكيل المترب بنصب عمود الأساس أو الساموك وغرز بالأرض، ثم عمرت الاحطاب حوله بشكل هرمي وبالحجم المطلوب كما في الشكلين (1 و2)مع مراعاة ترك فتحة بأعلى ومنتصف الهرم لإشعال المترب منها وتسمى فتحة اشعال المترب كما في الشكل (3).
- وضعت أحجار حول قاعدة المترب وبشكل متراكب لترك فتحات للسيطرة على كمية الهواء الداخل إلى المترب أثناء اشتعاله (اغلاق ، فتح جزئي ، فتح كلي).
- تغطية المترب بشكل كامل بأوراق وأغصان الأشجار وغالباً الأوكاليبتوس (الكينا) وذلك لحبس الهواء ثم غطي كامل المترب بمخلفات نباتية متنوعة لإحكام الاغلاق مع مراعاة عدم تغطية فتحة المترب كما في الشكل (3).
- وضع التراب على كامل المترب باستثناء فتحة الإشعال، وذلك لتقليل دخول الاوكسجين للمترب وبالتالي تأمين احتراق بطيء كما في الشكل (4).

الشكل رقم 1: عمود الأساس (الساموك)

- تم اشعال المترب بوضع الجمر في فتحة الاشتعال ثم أغلقت الفتحة .
- تلقيم وتغذية المترب بوضع بعض الاحطاب الناعمة والقش في فتحة الاشتعال بعد عدة ساعات من الاشعال وتستمر حوالي **3-5 ساعات.**
- التحكم بكمية الهواء الداخل إلى المترب عن طريق إدخال عصا في الفراغات بين الأحجار وذلك لمنع اخماد وانطفاء نار المترب الداخلية ، ويمكن معرفة ذلك عن طريق الدخان ولونه .
- وبعد حوالي **7-8 أيام** عند التأكد من عملية النضج وتحول معظم الحطب إلى فحم بالكشف عن المترب وبالخبرة (المعرفة العملية) يتم ابعاد الحجارة جزئياً من قاعدة المترب والسماح بدخول كمية من الهواء أكبر لداخله .
- القيام بتثقيب سطح المترب للتأكيد على دخول الهواء من أجل إتمام عملية النضج للأحطاب ذات الأقطار الكبيرة للإسراع بنضجها .
- نستدل على تسريع النضج بما يلي:

1-الحطب دخانه مائل للون **الأزرق** بينما الفحم دخانه لونه ابيض.

2-صاحب الخبرة يضع عصا ضمن هيكل المترب فيسمع صوت احتكاك العصا بالفحم وبشكل رنة

الشكل رقم 2: مترب اكتمل بناؤه بشكل هرمي

الشكل رقم 3: فتحة اشعال المترب

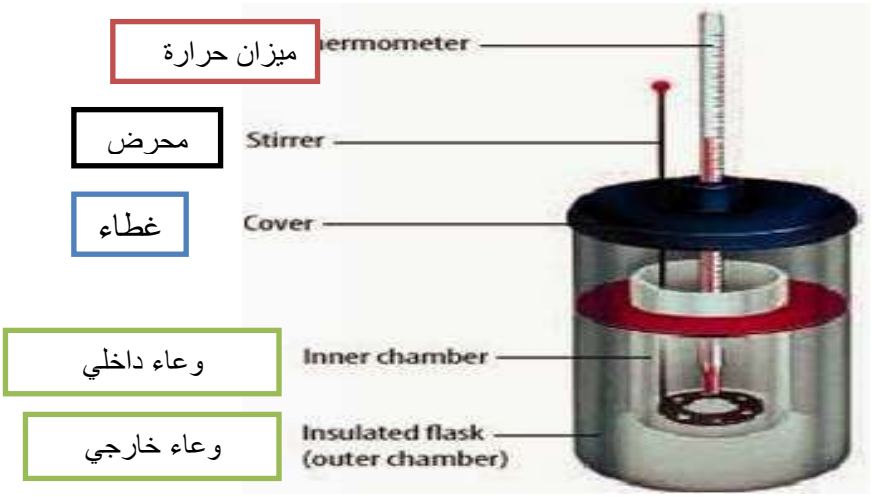
الشكل رقم 4: تغطية الأخشاب بالكامل بأوراق الأشجار والأفرع الصغيرة، ثمَّ بطبقة من التراب الناعم

وبعد التأكد من النضج نقوم بما يلي:

1. نزع الحجارة حول المترب
2. تخفيف سماكة التراب عن المترب حتى يظهر الفحم
3. سحب الفحم بدءاً من المنطقة السفلية للمترب
4. تبريد الفحم بالتراب(ولا ينصح بتبريده بالماء لأن ذلك يسبب تفتت الفحم)، ويراقب لمدة 24 ساعة تجنباً لأي اشتعال مفاجئ.
5. يصنف الفحم إلى درجات.
6. وضع الفحم في أكياس من الخيش .
7. تخزينه في مستودعات مهواة استعداداً لبيعه .

ت–تم أخذ كميات من الفحم الناتج للمختبر لإجراء اختبارات باستخدام الأجهزة التالية:

- **مسعر حراري:** هو جهاز يستخدم في المختبرات الكيميائية لقياس كمية الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية أو الحرارة الناتجة عن تغيرات فيزيائية بالإضافة إلى قياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة والسائلة. وظيفته: حساب التغير في الطاقة الحرارية للمادة المسخنة في المسعر وذلك من خلال الزيادة الحاصلة في درجة حرارة الماء في المسعر وكمية الماء والحرارة النوعية للماء. يقيس المسعر كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام معزول به كمية معلومة من الماء مثلا. وبمعرفة كمية الماء والحرارة النوعية للماء (C) وبقياس الارتفاع في درجة الحرارة (ΔT) الحادثة من التفاعل يمكن حساب كمية الحرارة الناشئة من التفاعل(q) بالمعادلة التالية: $q = C.m. \Delta T$ وتعرف الحرارة النوعية C بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من المادة درجة واحدة مقدرة بالحريرة.



الشكل رقم (5) يبين أجزاء المسعر الحراري

- **ميزان حرارة زئبقي:** يقيس درجة حرارة السوائل المختلفة
- **ميزان حساس:** لقياس أوزان قطع الفحم للأنواع المدروسة وقياس وزن المسعر والماء.

- **مصدر لهب:** وهو عبارة عن موقد بنزن صغير يعمل على الغاز لإشعال قطع الفحم لكل نوع من الأنواع المدروسة.
- **بيشر زجاجي:** سعته 1500مل وضعنا به حوالي 1000 مل من الماء
- **مصدر حرارة:** لتسخين المياه ضمن البيشر الزجاجي أثناء إجراء التجربة المطلوبة.
- **ورق قصدير:** لتغليف قطع الفحم أثناء تقدير حرارة الاحتراق للأنواع المدروسة.

ث-دراسة الخصائص الظاهرية لأنواع الفحم المدروسة:

- القلف: من حيث وجوده أو غيابه ومن حيث سماكته
- الملمس: خشن أو ناعم
- المقطع العرضي: من حيث حلقات النمو ووضوحها ولمعانها ووجود التشققات
- التوهج والاحتراق: المدة اللازمة حتى يبدأ الفحم بالاشتعال والمدة اللازمة لتوهجه بشكل كامل والمدة اللازمة حتى ينطفئ

ج-دراسة الخصائص الفيزيائية لأنواع الفحم المدروسة:

أ- دراسة الحرارة النوعية:

تمت بأخذ كل نوع على حدا وقمنا بدراسة 3 مكررات لكل نوع كما يلي:

1-حساب وزن المسعر مع ميزان الحرارة وهو فارغ ومن ثم وزنه بعد ملئه لنصفه بالماء والغاية من ذلك حساب وزن الماء (mw) وذلك بحساب الفرق ما بين وزن الوعاء الداخلي للمسعر مع الماء وبدونه ثم تؤخذ درجة حرارة الماء.

2- توزن قطعة الفحم (mp) غ، ثم توضع في علبة من القصدير محكمة الإغلاق.

3-نضع حوالي (1000 مل) من الماء في الدورق ونسخنه على اللهب حتى الغليان ، بعد ذلك يتم وضع علبة القصدير في الماء وتترك لمدة /10/ دقائق حتى تكتسب قطعة الفحم درجة الغليان عندها نأخذ درجة حرارة الماء .

4-يتم نقل العلبة الحاوية على قطعة الفحم من الدورق إلى الوعاء الداخلي للمسعر ونقوم بتغطيته ثم تحريكه يدوياً لخلط الماء بداخله بشكل جيد حيث تنتقل حرارة قطعة الفحم إلى الماء .

5-بعد عدة دقائق نسجل درجة الحرارة في المسعر والتي تصل إلى قيمتها العظمى ونطبق المعادلة التالية لحساب الحرارة النوعية :

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

حيث :

C : الحرارة النوعية للفحم Cal/g.C°

Cw : الحرارة النوعية للماء وتساوي 1 Cal/g.C°

mw : كمية الماء في الوعاء الداخلي للمسعر g

Ck : المكافئ المائي للمسعر

Q1 : درجة الحرارة الابتدائية للمسعر الحراري مع الماء C°

Q2 : درجة حرارة قطعة الفحم (حرارة غليان الماء) C°

Q3 : درجة حرارة المزيج بعد وضع قطعة الفحم الساخنة C°

mp : وزن قطعة الفحم

ب-تحديد حرارة الاحتراق :

تمت بدراسة كل نوع على حدى وقمنا بدراسة 3 مكررات لكل نوع كما يلي:

1-تم حساب وزن المسعر مع ميزان الحرارة وهو فارغ ومن ثم وزنه وهو مليء بكمية من الماء وبالنتيجة حساب وزن الماء (mw) ، وتم تحديد درجة حرارة الماء .

2-تم تسخين قطعة من الفحم على اللهب المباشر حتى التوهج الكامل

3-ثم أخذ وزن القطعة المتوهجة ووضعت في علبة القصدير الكتيمة ومن ثم توضع في الوعاء الداخلي للمسعر

4-تم إغلاق فوهة علبة القصدير ومن ثم غطاء المسعر.

5-تم تحريك المسعر من أجل الخلط لمدة دقيقتين بحيث تكون الحرارة التي في العلبة قد انتقلت للماء، ثم أخذت درجة الحرارة العظمى للماء حيث كمية الحرارة التي اكتسبها الماء تساوي كمية الحرارة التي نشرها الفحم في تفاعل احتراقه وبالتالي نحسب حرارة الاحتراق من المعادلة التالية:

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

حيث :

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

m : كتلة المادة غ ، ΔT : فرق درجات الحرارة للماء

النتائج والمناقشة:

بعد فتح المترب وتبريده وتصنيف محتوياته تبين أن جزءاً صغيراً من الحطب لم يحترق ويجب ملاحظة أنه ليس كل ما ينتج عن تفحيم الأخشاب في المترب هو فحم جيد صالح للتسويق والاستهلاك وانما قد ينتج ما يسمى بالعروط وهو فحم سيء ثقيل الوزن يعطي عند اشتعاله أدخنة كثيفة وهو ناتج عن اشتعال سريع للأحطاب فلا يكتمل تحولها الى فحم ويعتبر من أخطاء التفحيم الذي ينجم عنه خسائر في المردود النهائي.

1- دراسة الخصائص الظاهرية لأنواع الفحم المدروسة:

إن الصفات الظاهرية للفحم تتضمن عدة نقاط تتعلق بالشكل والملمس والمظهر وهي وجود القلف من عدمه وملمس قطعة الفحم من حيث النعومة والخشونة والتشقق وغيرها.

1-1- القلف:

تم عرض دراسة القلف في الجدول رقم (3) بعد أن أعطيت لسماكة القلف الأرقام (0-4) وذلك للتعبير عنه.

جدول (3) يبين أرقام معطاة تبعاً لسماكة القلف

الرقم	سماكة القلف
0	غير موجود
1	أقل من 0.5ملم
2	0.5 - 1 ملم
3	1 - 1.5 ملم
4	1.5 - 2 ملم

2-1- الملمس وحلقات النمو:

تم عرض نتائج فحص قطع الفحم للأنواع المدروسة لتحديد الملمس، وتم عرض توصيف حلقات النمو ووضوحها وتحديد التشققات في المقاطع العرضية في الجدول رقم 4 حيث نلاحظ عدم وجود القلف في الليمون وهو ذو ملمس أملس وناعم وحلقات نمو واضحة وتشققات متوسطة وشعاعية أما بالنسبة لبقية الأنواع فالقلف بقي ملتصقاً بنسب متفاوتة. ويتدرج الملمس من الأملس إلى الخشن جداً، وأما ما يتعلق بحلقات النمو فهي متدرجة الوضوح بين الأنواع المدروسة والتشققات شعاعية في أغلب هذه الأنواع

جدول (4) يبين الصفات الظاهرية لأنواع الفحم المدروس

النوع	القلف	الملمس	المقطع العرضي	
			حلقات النمو	التشققات
السنديان	ملتصق	خشن من الخارج بسبب التصاق القشرة المتفحمة عليه	حلقات النمو السنوية غير واضحة	شعاعية
القطلب	ملتصق	أملس	حلقات النمو واضحة	شعاعية
الليمون	غير موجود (0)	أملس وناعم	واضحة	متوسطة وشعاعية
الزيتون	ملتصق (2)	خشن جداً	واضحة جداً ولمّاع بشدة	غير موجودة

2-الاختبارات الفيزيائية:

2-1-متوسط زمن (بدء الاشتعال – **الاشتعال – الانطفاء)**

قمنا بأخذ قطع فحم متساوية الوزن (5) غ من كل نوع من الأنواع المدروسة على ثلاثة مكررات وتم إشعال هذه القطع ودُوّنت النتائج كما في الجدول رقم (5)

جدول رقم (5) الزمن اللازم لبدء الاشتعال والاشتعال الكامل وزمن الانطفاء لأنواع الفحم المدروس

النوع	متوسط زمن بدء الاشتعال / د	متوسط زمن الاشتعال الكامل/ د	متوسط زمن الانطفاء / د
السنديان	1	4	8
القطلب	2	6	5
الليمون	1	5	6
الزيتون	1	5	5

نلاحظ من الجدول السابق أن السنديان والليمون والزيتون يتشابهون في سرعة الاشتعال التي بلغت حوالي الدقيقة الكاملة، بينما نجد أن سرعة اشتعال فحم القطلب قد استغرق مدة أطول بقليل (2) دقيقة.

أما بالنسبة لزمن الاشتعال الكامل فقد بلغ أقصاه عند القطلب الذي استغرق (6) دقيقة يليه الزيتون ثم الليمون اللذان تشابها في زمن الاشتعال الكامل بينما كان السنديان هو الأسرع وهذا يتعاكس مع سرعة انطفائه التي بلغت أعلى قيمة (8) دقيقة مقارنة بالأنواع الأخرى يليه فحم الليمون الذي بلغت سرعة انطفائه (6) دقائق بينما تماثل الزيتون

والقطلب في سرعة الانطفاء (5) دقيقة. وهذا يبين لنا أهمية فحم السنديان من حيث سرعة اشتعاله وديمومته مقارنة ببقية الأنواع المدروسة.

2-2-دراسة الحرارة النوعية:

تمت بدراسة كل نوع على حدى وقمنا بدراسة 3 مكررات لكل نوع حيث تم تسجيل النتائج للمكررات في الجدول(6)

جدول (6) الحرارة النوعية لأنواع الفحم المدروس

النوع	متوسط وزن العينة /غ	متوسط الحرارة الابتدائية ° C	متوسط حرارة الغليان ºC	متوسط حرارة المزيج ºC	متوسط وزن الماء غ	متوسط الحرارة النوعية Cal/ g.cº	الخطأ المعياري	الانحراف القياسي
الليمون	9.5	21	98	20.6	486.5	0.54	0.0019	0.0028
القطلب	6.2	25.1	98.5	20.4	486.5	0.67	0.0086	0.0126
السنديان	14.6	28	97	29.2	486.5	0.27	0.0014	0.0026
الزيتون	8.4	16.3	98.1	17	486.5	0.57	0.0021	0.0035

نلاحظ من الشكل رقم (6) أن القطلب يمتلك أكبر حرارة نوعية0.67°cal/g.c أما الليمون يمتلك حرارة نوعية أقل وهي 0.54°cal/g.c وهي تقترب من الزيتون الذي يمتلك حرارة نوعية تعادل 0.57°cal/g.c أما السنديان فهو يمتلك أقل حرارة نوعية وتعتبر هذه الحرارة ضعيفة نسبياً وهي 0.27°cal/g.c .

وبمقارنة النتائج مع دراسة حميد (2008) نجد أن قيمة الحرارة النوعية للسنديان تقترب جداً من قيمة الحرارة النوعية للسنديان المذكور في الدراسة المرجعية وقيمة الحرارة النوعية للقطلب أيضاً تقترب من قيمة الحرارة النوعية له في الدراسة المرجعية لـ (حميد ،2008) أما الحرارة النوعية لكل من الليمون والزيتون بعيدة جداً عن قيم الحرارة لكل من فحم السنديان وفحم الأوكاليبتوس وقريبة من فحم السنديان البلوطي وفحم القطلب جدول (6).

دراسة حرارة الاحتراق:

تمت بدراسة كل نوع على حدى وبدراسة 3 مكررات لكل نوع حيث تم تسجيل النتائج للمكررات في الجدول (7)

جدول رقم (7) يبين حرارة الاحتراق لأنواع الفحم المدروسة

النوع	متوسط وزن العينة غ	متوسط الحرارة الابتدائيةº C	متوسط الحرارة النهائية ° C	متوسط حرارة الاحتراق جول/ كغ	الخطأ لمعياري	الانحراف القياسي
الليمون	7	33.2	36.5	34012.2	1.662	2.123
القطلب	4.7	33.4	34	11650.4	0.465	0.634
السنديان	12.5	33.3	35.6	31329.9	0.852	1.102
الزيتون	5.6	33.5	34.5	13151.9	0.847	1.001

لقد أظهرت النتائج أن الليمون يمتلك أكبر حرارة احتراق 34012.2جول يليه السنديان الذي بلغت حرارة احتراقه 31329.9 جول ثم الزيتون 13151.9 في حين أن القطلب يمتلك الحرارة الادنى11650.4 جول وعلى ضوء ما ذكر

نستطيع ترتيب الأنواع تصاعدياً من حيث حرارة الاحتراق على النحو التالي: فحم القطلب – فحم الزيتون – فحم السنديان – فحم الليمون

وبذلك نجد أن فحم الليمون هو الأجود يليه فحم السنديان فكلما ارتفعت حرارة الاحتراق للنوع كلمت ارتفعت جودته. كما نجد أن هنالك تناسب عكسي ما بين الحرارة النوعية للأنواع المدروسة وحرارة الاحتراق، أي أنه عندما تكون الحرارة النوعية منخفضة تكون حرارة الاحتراق مرتفعة والعكس صحيح.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

من خلال النتائج التي ظهرت معنا يتبين لنا بأن:

1–فحم الليمون الحلو والسنديان العادي هما الأفضل جودة لأنهما يمتلكان حرارة احتراق عالية وسرعة انطفاء كل منهما بطيئة وهذا يعطي ديمومة اشتعال لكل من النوعين بينما الزيتون يمتلك حرارة احتراق أقل منهما وفحم القطلب هو الأسوأ لأنه يمتلك أقل حرارة احتراق ويتشابه الزيتون و القطلب العثكولي بسرعة الانطفاء.

2–عندما تكون الحرارة النوعية منخفضة فإن حرارة الاحتراق مرتفعة أي أنه هناك تناسباً عكسياً ما بين الحرارة النوعية وحرارة الاحتراق.

التوصيات:

1–دعم الدراسات والأبحاث العلمية المطبقة والموجهة نحو صناعة التفحيم والاستمرار بالقيام بهذه الأبحاث سواء على الأنواع الخشبية المحلية أم المدخلة وذلك بالعمل على تشجيع زراعة السنديان العادي، الليمون الحلو، الزيتون.... .

2–التأكيد على خلط بعض الفحم ذو حرارة الاحتراق العالية مع بعض الفحم منخفض حرارة الاحتراق، وذلك لتحسين صفات الخليط ولإطالة عمر الأشجار التي تعطي فحماً ذو حرارة احتراق عالية، حتى لا يتعرض للقطع بشدة ويهمل غيره.

المراجع:

المراجع العربية

1– أسود أحمد؛ *دراسة بعض الخصائص الفيزيائية لبعض أنواع الفحم الخشبي* منشورات جامعة تشرين 30 صفحة، (2009).

2– الراهب إبراهيم؛ *الكيمياء الفيزيائية*، الجزء العملي قسم الكيمياء كلية العلوم جامعة تشرين، (2003 – 2004).

3– الزغت معين؛ *أساسيات ومبادئ علوم الغابات والحراج* الجزء الثاني الخشب واستعمالاته، (1966).

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

5– حميد محمود؛ *علم الأخشاب ومنتجات الغابة*، منشورات كلية الزراعة جامعة دمشق، (2007).

6- حميد محمود؛ *صناعة الفحم الخشبي من الأنواع الخشبية (السنديان العادي والسنديان البلوطي والقطلب والأوكاليبتوس) وتحديد مواصفاته الظاهرية والفيزيائية*. بحث منشور في مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، (2008).

7- زهوة سليم؛ *استغلال الحراج*. كلية الزراعة. منشورات جامعة حلب، (1997).

8- رضوان أسامة: *محاضرات علم الأشجار الحراجية*. السنة الرابعة – قسم الحراج والبيئة – كلية الزراعة – جامعة تشرين، 110 صفحة، (2010).

9- نحال ، إبراهيم – رحمة ، اديب – شلبي ، محمد نبيل ، *الغطاء النباتي وحفظ التربة* مديرية الكتب و المطبوعات الجامعية ، جامعة حلب ، مطبعة الروضة – دمشق ، 1997 ، 341 ص .

المراجع الأجنبية:

1- A. MOHAMMAD-KHAH and R. ANSARI, *Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications: A review article*, International Journal of ChemTech Research , Vol.1, No.4, pp 859-864,2009.

2- ARNOLD , M and PERSSON , R. *Reassessing fuel wood situation in developing countries* . International Forestry Review, 5 , pp379- 383, 2003.

3- AROLA, R. A. Wood fuels: *How do they stack up*? Proc. Conf. Energy and the Wood Products Industry.

4- ASSOUAD **A.,**2003, *Description of the passive regime during the discontinuous vacuum drying of oak*, 8t International IUFRO Wood Drying Conference, Brasov, Romania, 24-29 August , 2006.

5- BARBARA LUISA CORRADI PEREIRA, AYLSON COSTA OLIVEIRA, ANA MARCIA MACEDO LADEIRA CARVALHO ,ANGELICA DE CASSIA OLIVEIRA CARNEIRO, *Quality of Wood and Charcoal from Eucalyptus Clones for Ironmaster Use* , International Journal of Forestry Research Volume, Article ID 523025,8 pages , 2012

6- BARGE U., HAPLA F., HUESTER H., ROFFAEL E. und SCHAEFER M..*Holzbiologie und Holztechnologie*. Institutfuer Holzbiologie und Holztechnology der Georg-August-UniversitaetGoettingen , 1998.

7- BAUER, H., NEUSSER, H. und FLURY, O. EnergieausHolz. AllgmForstzeitung 92, 7. Wien , 1981.

8- BENJAMIN T, A . , MARGARET A. A. , AARON A. A. *Charcoal production in Gushegu District,Northern Region, Ghana*: Lessons for sustaiable forest management , International journal of environmental sciencesVolume1,No.7, 2011.

9- BROCKSIEPE, H. G. *Holzverkohlung. In Winnacker, K. u. Kuechler*, L.: ChemischeTechnologie. Bd. 3. Muenchen. Carl HanserVerlag, 1971.

10- Duku MH, Gu S, and HAGAN EB. *A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana* . Renewable and Sustainable Energy Reviews,15(1),pp 404–415, 2011

11- F.A.O, 2003: *Forest Products*. Year book .Grammel, R. Forstbenutzung. Hamburg: Berlin. BaulPareyVerlag , 1989 .

12- FAO (2001).*Forest resources assessment*.FAO,Rome , 2000.

13- JOHN, G. HAYGREEN and JIM L. BOWYER. *Forest products and wood science.* An introduction, First Edition. The Iowa state university press (1982).

14- JOHN, G. HAYGREEN and JIM L. BOWYER and RUBIN SHMULSKY. *Forest products and wood science*. An introduction, Fourth Edition. The iowa state university press (2003).

15- KOKOU KOUAMI , NUTO YAOVI and ATSRI HONAN ., *Impact of charcoal production on woody plant species in west Africa : A case study in Togo* , Scientific Research and Essay vol. 4 (9), pp 881 – 893 , 2009 .

16- MARUTZKY, R. *Verkohlung, Pyrolyse und Vergasung von Holz und pflanzlichen Reststoffen. In: V. Bossel*: Heizenmit Holz. Tagungsbericht der SOLENTEC am 1. 2. 1980 in Goettingen. Aufl. Goettingen , 1980.

17- SEEGER, H. G. Eigenschaften fester Biobrennstoffe. In: HeizenmitHolz, Tagungsbericht der SOLENTES Gesellschaftfuer solar und energiesparende technologien GmbH. Vom 1 Februar 1980.

18- SINNER, M., PARAMESWARAN, N. und DITRICHS, H. H. *Enzzipatische Hydrolyse der Zellwand – Cellulose in Abhaengigkeit von Xylan, Manoranund Lignineen tfernung*. Das Papier 32, 12, 530-532, 1978.

19- YEVICH , R and LOGAN , JA. *An Assessment of Biofuel use and Burning of agricultural Waste in the Developing World*. Global Biogeochemical Cycles ,17 (4) ,pp 1095 , 2003 .