

دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الخشبي المصنع من عدة أنواع من أشجار الغابات في شمال العراق

اسامة إبراهيم أحمد¹

- ¹ جامعة كركوك – كلية الزراعة
- تاريخ تسلم البحث 2016/5/11 وقبوله 2016/6/23

الخلاصة

إجريت هذه الدراسة لبيان مدى ملائمة عدة أنواع من أخشاب الأشجار النامية في العراق بصورة مدخلة أو محلية لإنتاج الفحم الخشبي، تم دراسة محتوى الاخشاب من المستخلصات الذائبة في الإيثانول – بنزين والماء الحار واللكنين والهيميسليلوز والرماد وقيست كثافة الاخشاب لبيان مدى تأثيرها على جودة الفحم المنتج وكميته الإنتاجية. أجري الإنحلال الحراري للأخشاب باستخدام فرن مختبري وبدرجة حرارة 380°م لمدة ساعة واحدة. تم قياس إنتاجية الفحم وكثافته ومحتوى الفحم من المواد المتطايرة والمحتوى الرطوبي لها ونسبة الرماد وتحليل الغريلة وحرارة الإحترق والتي تم إستخدامها كمؤشرات على جودة الفحم المنتج. أظهرت نتائج الدراسة ان الأخشاب ذات الكثافة العالية ومحتوى للكنين العالي قد انتجت فحماً ذا صفات جيدة وإنتاجية عالية مقارنة ببقية الأنواع المختبرة. تباين تأثير المستخلصات تبعاً لنوع المركبات المكونة لها، أما تأثير الهيميسليلوز فلم يظهر بوضوح لتقارب نسبها في خشب الأشجار المختبرة.

الكلمات المفتاحية: فحم خشبي، الخواص الكيميائية والفيزيائية للأخشاب.

Some Physical And Chemical Characteristics Of Charcoal Produced From Forest Trees In North Of Iraq

Osamah Ibrahim Ahmed¹

- ¹ University of Kirkuk – College of Agriculture
- Date of research received 11/5/2016 and accepted 23/6/2016

Abstract

This study was conducted to investigate the suitability of several types of native and non-native tree woods in Iraq to produce charcoal. The study was conducted firstly to investigate the contents of woods extraction dissolved in ethanol – benzene, warm water, lignin, Hemicellulose and ash. Also wood density was measured to show its impact on the quality and quantity of the produced charcoal. The pyrolysis of wood was conducted, using a laboratory oven at a temperature of 380° C for one hour. The density, volatile contents, moisture, ash content, analysis of screening and heat of combustion of charcoal were measured as indicators of the produced coal quality. The results of this study showed that the wood with high density and high lignin content produced coal with good quality and high productivity, compared to the rest of different tested wood types. The impact of the wood extracts varied, depending on their contents, while Hemicellulose film did not display any obvious effect because of its approximate equal content in the all tested woods.

Key Words: Charcoal, wood chemical and physical characterize.

المقدمة

يعد الفحم الخشبي من مصادر الطاقة المتجددة في العالم، حيث انه تم إستخدامه منذ القدم لتوليد الطاقة وتسيير القطارات والبواخر. كما انه إستخدم للأغراض المنزلية كالتدفئة والطهو أو الشواء. تقدر الإحصائيات ان 45 % من الخشب المنتج في العالم يستعمل في تدفئة البيوت واعمال الطهو بصورة فحم نباتي (حميد، 2009)، وفي البلدان الغنية بخشب الغابات يتم تحويله لفحم نباتي وإستخدامه في المشاريع الكبيرة كتوليد الكهرباء، حيث توفر الطاقة الحيوية المتجددة 10% (50.3 اكسل/سنوياً) من امدادات الطاقة الأولية العالمية (إنهوفر و آخرون، 2011)، كما يستخدم في بعض الدول كمختزل لخامات المعادن (كصناعة الفيروسيلىكون في النرويج والحديد في البرازيل) (Gumma و Fathi، 2000). الفحم مادة صلبة، تقدر محتوى الكربون فيه بـ 70% أو أكثر، عادة ما يتم تصنيعه من الاخشاب الصلدة او غيرها من الكتل الحيوية الكثيفة بإستخدام الإنحلال الحراري (الإحترق غير الكامل للخشب) بغياب الاوكسجين، (Gumma و Fathi، 2000) و (Antal و Gro، 2003).

يعد إنتاج الفحم إحدى أكثر الطرق شيوعاً لمعالجة مخلفات الخشب ولجعلها أكثر نظافة وأسهل استخداماً، ويتميز الفحم عند مقارنته مع الخشب بكونه ذا كثافة طاقة أعلى وخصائص طهي ممتازة، ويمكن تخزينها دون خطر الإصابة بالحشرات أو الفطريات فضلاً عن قلة نسب التلوث الناتج من احتراقها (Menemencioglu، 2013) و (Kammen و Lew، 2005). Zanuncio و آخرون (2014) ذكروا بأن جودة الفحم المنتج تتأثر بعوامل عديدة منها التسخين والضغط و درجة الحرارة فضلاً عن عوامل أخرى تتعلق بالخشب ذي النوع النباتي كالمواد الكيميائية والتكوين التشريحي والرطوبة، كما وان محتوى الأخشاب العالي من المستخلصات يؤدي لزيادة المواد المتطايرة وارتفاع الحرارة من الفحم عند احتراقها، وفي هذا المجال ذكر Penfold و Willig (1961) بأن أشجار اليوكالبتوس وخاصة نوعي *E. Wandoo* و *E. Marginata* استخدمت بنجاح لصناعة الفحم كمصدر للطاقة خاصة في البرازيل والأرجنتين والصين لدورات القطع السريعة لهذه الأشجار كما وجد Pereira و آخرون (2013) إمكانية استخدام ثلاثة أنواع و نوبعات لجنس اليوكالبتوس (*Eucalyptus Camaldulensis* و *E. Grandia* و *E. Urophylla*) لصناعة الفحم في البرازيل ومشيرا إلى ان كمية الفحم المنتج وقيمة الحرارة المنبعثة ترتبط بمحتوى الخشب من الكربون والاكسجين والهيدروجين وان زيادة المستخلصات تؤثر سلباً على كمية الإنتاج.

El-Juhany و آخرون (1996) درسوا صناعة الفحم من أربعة أنواع من الأكاسيا النامية بصورة طبيعية والمدخلة في المملكة العربية السعودية وظهرت الأنواع *Acacia Amplecips* و *A. Negrii* و *A. Asak* قدرة جيدة على إنتاج فحم بمواصفات جيدة أما Hindi (2012) فقد ذكر بأن أنواع جنسي *Tamarisk* و *Eucalyptus* اعطت إنتاجية عالية من الفحم مقارنة بـ *Casuarina* و *Acacia*، وتقل جودة الفحم المنتج تدريجياً بزيادة فترة ومدة التسخين الحراري.

في جمهورية التونغو يستخدم 15 نوع من اشجار الغابات بصورة رئيسية وتسعة عشر نوع من الاشجار بصورة ثانوية لتغطية ما يزيد عن 80 % من الفحم المنتج فيها (Kouami و آخرون، 2009). أما في تركيا، يستخدم خشب انواع البلوط Oak و البتولا Hornbeam و الزان Beech و الزيتون Olive و الحمضيات Citrus في صناعة الفحم المستخدم للشواء والتدفئة باستخدام الطرق التقليدية بكفاءة إنتاج (17 – 22) % والبالغ مقدارها (1 كغم فحم من كل 5-6 كغم خشب) مؤكداً على ان طريقة التحضير ومحتوى الخشب وكثافته والمحتوى الرطوبي والنوع الخشبي يؤثر بصورة كبيرة في نوعية الفحم المنتج (Menemencioglu، 2013).

في العراق يتباين التوزيع السكاني بين المدن الحضرية والريف حيث يعيش ما نسبته 27.6 % في القرى والمناطق النائية (شلال وآخرون، 2012)، وعلى الرغم من وصول خدمات الكهرباء والغاز والنقط الأبيض لمعظم تلك المناطق إلا ان استخدام الخشب والفحم كمصدر للطاقة مازال مستمراً، وقد ازداد الطلب عليها في الآونة الأخيرة حتى من قبل سكان المدن نتيجة تدهور الصناعة النفطية وتذبذب امدادات الطاقة الكهربائية بسبب الحروب في المنطقة (F.A.O.، 2006) وقد قدرت F.A.O. (2014) كمية الخشب المستخدم كوقود في العراق للأعوام 2010 و 2011 و 2012 و 2013 و 2014 بـ 118000 م³ سنوياً، جزء كبير منه يستخدم كفحم نباتي. تتميز مناطق العراق بتنوع الأشجار والشجيرات سواءً محلية كانت أم مدخلة إلا أن نسب إنتشار هذه الانواع تتباين، ويشير ناكري (2009) إلى ان الانواع (*Pinus Brutia* و *Cupressus Sempervirens* و *C. Libani* و *Q. Infectoria* و *Q. Aegilops* و *Platanus Oreintalis* و *Dalbergia Sissoo* و *Acacia Spp.* و *Arizonica* و *Salix Alba* و *S. Babylonica* و *Populus Euphratica* و *P. Nigra* و *P. Alba* و *Quercus*) من اكثر الأنواع إنتشاراً وإستزراعاً في العراق، عليه وبهدف الحصول على بيانات حول إمكانية استخدام خشب هذه الأنواع وأنواع أخرى في صناعة الفحم وبيان ايهما افضل لإنتاج الفحم من حيث النوعية والكم ولعدم توفر دراسات حول إنتاج الفحم في العراق أجريت هذه الدراسة مستهدفة مايلي:

- 1- دراسة إمكانية استخدام خشب عدة انواع من أشجار الغابات والشجيرات المحلية والمدخلة في العراق لصناعة الفحم.
- 2- بيان افضلية الأنواع الخشبية في صناعة الفحم ومدى تأثيرها بخواص الخشب (المكونات الكيميائية والفيزيائية) في ظل ثبوت العوامل التصنيعية الاخرى كالحرارة والضغط ومدة التسخين.

المواد وطرائق البحث

أجريت هذه الدراسة في مختبرات كلية الزراعة – جامعة كركوك في سنة (2015-2016) وقد ادرجت بيانات الاشجار التي اخذت منها الأخشاب لإختبارها في صناعة الفحم في (الجدول 1)، حيث أخذت جميع النماذج من أشجار حية ومن الأفرع السفلية لها ورعي خلوها من الإصابات الحشرية والمرضية وبثلاثة مكررات لكل نوع شجري.

جدول 1 بيانات الأشجار المختبرة مدى ملائمتها لصناعة الفحم

ت	الاسم العلمي	الاسم المحلي	موقع الجمع
1	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	اليوكالبتوس	غابة شناغة - دبس
2	<i>Eucalyptus microtheca</i>	اليوكالبتوس	عرفة - كركوك
3	<i>Populus euphratica</i>	القوغ الفراتي	غابة شناغة - دبس
4	<i>Populus alba</i>	القوغ الابيض	غابة شناغة - دبس
5	<i>Dalbergia sissoo</i>	السيسم	غابة شناغة - دبس
6	<i>Gledisia triacanthos</i>	كلانثيا	الحدائق - كركوك
7	<i>Morus alba</i>	توت ابيض	المناطق الزراعية - كركوك
8	<i>Morus nigra</i>	توت اسود	المناطق الزراعية - كركوك
9	<i>Olea europaea</i>	الزيتون الاخضر صنف بعشيقية	تازه - كركوك
10	<i>Platanus orientalis</i>	الجنار	غابة شناغة - دبس
11	<i>Pinus brutia</i>	الصنوبر	كلية الزراعة - كركوك
12	<i>Thuja orientalis</i>	الثويا	مشجر قره هنجير
13	<i>Callistemon viminalis</i>	فرشاة البطل	كلية الزراعة - كركوك
14	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>pyramidalis</i>	السرو الاخضر الافقي	مشجر قره هنجير
15	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>horizontalis</i>	السرو الاخضر العامودي	مشجر قره هنجير
16	<i>Quercus aegilops</i>	البلوط العادي	هيبة سلطان - سليمانية

قطعت الافرع الخشبية بأطوال (20 - 25) سم ثم إزيلت عنها القلف وتركت لمدة 10 ايام بدرجة حرارة المختبر للتقليل من نسبة الرطوبة في الخشب ولتسهيل عملية الطحن للعينات المستخدمة لاحقاً لدراسة الصفات الكيميائية والفيزيائية للنماذج الخشبية وللتسريع بعد ذلك من التجفيف الكهربائي للنماذج المستخدمة في صناعة الفحم.

الصفات الكيميائية

أتبعت الطريقة المتبعة من قبل الزيد بكي (1999) لتقدير نسب المكونات الكيميائية للأنواع الخشبية ولغرض إتمام عملية التقدير أستخدم مسحوق الخشب المار من خلال منخل (40 مش) والمستقر على منخل (60 مش) والمجفف على درجة حرارة (60 ± 5) م° لمدة 48 ساعة ولحين ثبوت الوزن وعلى النحو الآتي:

أ. المستخلصات الذائبة في مزيج الإيثانول - بنزين: إستخدم خليط الإيثانول - بنزين بنسبة 1:2 لإزالة جزء من المستخلصات الذائبة في هذا المزيج بإستخدام جهاز Soxhelt Apparatus ولمدة (4-5) ساعات وجفف داخل فرن كهربائي بدرجة (103 ± 2) م° ولمدة 24 ساعة مع ثبات الوزن، وحسب نسبة الذائبات من حاصل طرح وزن Extraction Thimble مع الخشب قبل وبعد الإستخلاص مقسوماً على وزن العينة قبل الإستخلاص.

ب. الذائبات في الماء الحار: وضع 2غم من المسحوق والمستخلص منه سابقاً الذائبات في مزيج الإيثانول - بنزين داخل بيكر سعة 250 مل وإضيف إليه 100 مل ماء مقطر ووضعت في حمام مائي بدرجة حرارة 100م° لمدة 3 ساعات رشحت بعدها العينة وغسلت عدة مرات بالماء المقطر، ثم جففت بدرجة حرارة (103 ± 2) م° ولمدة 24 ساعة مع ثبات الوزن، ثم حسبت نسبة الذائبات في الماء الحار بنفس الطريقة السابقة.

ج. اللكنين: وضع 1 غم من العينة المستخلصة سابقاً داخل بيكر وإضيف إليه حامض الكبريتيك بتركيز 72% مع التحريك المستمر لمدة ساعتين، ومن ثم إضيف إليه 560 مل ماء مقطر وسخن في حمام مائي بدرجة حرارة (103 ± 2) م° لمدة اربع ساعات مع التحريك المستمر ورشح بعدها بإستخدام مرشح زجاجي وغسل بالماء المقطر عدة مرات وجفف داخل فرن كهربائي بدرجة حرارة (103 ± 2) م° ولمدة 24 ساعة مع ثبات الوزن، ثم حسب نسبة اللكنين بنفس الطريقة السابقة.

د. الهولوسيليلوز: ويتم إيجاده من خلال المعادلة الآتية:

$$\text{الهولوسيليلوز} = (\text{المستخلصات الذائبة في الإيثانول} - \text{بنزين} + \text{المستخلصات الذائبة في الماء الحار} + \text{اللكنين}) - 100$$

الصفات الفيزيائية

تم قياس كثافة الأنواع الخشبية باستخدام طريقة إزاحة الماء المقطر لـ (Olesen ، 1971) حيث تم قياس الوزن الجاف للعينة ومن ثم غمرها بطبقة من شمع البارافين قبل تغطيتها داخل وعاء فيه ماء مقطر وسجلت حجم العينة من كتلة الماء المزاح واحتسبت الكثافة كنسبة من الوزن الجاف للحجم.

صناعة الفحم

يهدف صناعة الفحم بطروف مختبرية مسيطر عليها وبعيدا عن الطرق التقليدية تم صنع فرن عازل يتم تسخينه بالغاز ويتحمل درجة 900 م° وضغط 600 بار (صورة 1)، وضعت عينات الأخشاب داخل الفرن وثبتت درجة الحرارة بـ 380 م° (Pereira و آخرون ، 2013) وبمدة تسخين ساعة واحدة تبدأ من وصول الحرارة للدرجة المطلوبة، تترك العينات داخل الفرن لتبرد وتستخرج بعد مرور 5 ساعات.



صورة 1: جهاز تصنيع الفحم الخشبي

فحوصات الفحم

أُتبعَت الطرق المعتمدة من قبل F.A.O. (1985) والمواصفة القياسية الأمريكية ASTM D 1762 لفحص واختبار نوعية الفحم المنتج من عمليات الإنحلال الحراري للنماذج الخشبية المختبرة وقد أُختيرت الفحوصات الآتية:

1. المحتوى الرطوبي للفحم: يتم وزن عينة الفحم المجفف هوائياً ومن ثم يوضع في فرن بدرجة حرارة 105 م° لمدة ساعتين وباستخدام المعادلة الآتية يتم إيجاد المحتوى الرطوبي:

$$100 * (A_1 - A_2 / A_1)$$

حيث A_1 وزن العينة المجفف هوائياً و A_2 وزن العينة المجفف بالفرن.

محتوى الرماد: يتم وضع عينات الفحم معلومة الوزن بعد تجفيفها بالفرن بدرجة حرارة 105 م° لمدة ساعتين داخل فرن الحرق (Muffle) بدرجة حرارة 750 م° ولمدة 6 ساعات، ثم تترك لتبرد داخل وعاء التجفيف المختبري (Desiccator) ووزنت وباستخدام المعادلة الآتية تم إيجاد نسبة الرماد لكل نوع من أنواع الفحم.

$$100 * (B_1 - B_2 / B_1)$$

حيث ان B_1 وزن العينة المجففة قبل الحرق و B_2 وزن العينة بعد الحرق.

كثافة الفحم: يتم إحساب حجم عينة الفحم بطريقة إزاحة الماء حيث يتم غمر عينة الفحم بعد تغطيتها بشمع البارافين في وعاء فيه ماء مقطر ومثبت فوق ميزان رقمي علماً بأن وزن الماء المزاح يساوي حجمه، وباستخدام المعادلة الرياضية الآتية يمكن الحصول على الكثافة:

$$\text{Density} = W / V \text{ (G / Cm}^3\text{)}$$

حيث ان W وزن العينة المجفف بالفرن و V حجم العينة.

2. المواد المتطايرة: يتم إحساب نسبة المواد المتطايرة من خلال الخطوات التالية:

أ. توضع عينة فحم (2 غم) داخل حاوية خزفية وتوضع في الحافة الخارجية لفرن الحرق (Muffle) بدرجة حرارة 300 م° عند مع مراعاة ترك باب الفرن مفتوحاً لمدة دقيقتين.

- ب. يتم وضع العينة بعد إنتهاء المدة في الحافة الداخلية للفرن بدرجة حرارة 500 م° ولمدة 3 دقائق.
- ت. تحرك العينة بعد ذلك إلى الجزء الخلفي من الفرن ولمدة 6 دقائق مع غلق باب الفرن، ويتم مراقبة داخل الفرن من خلال فتحة التهوية الملحقة،
- ث. تخرج العينة وتبرد لمدة ساعة في وعاء التبريد (Desiccator) وتوزن العينة وفرق الوزن تمثل المواد المتطايرة من الفحم.
3. تحليل الغربلية (Screen Analysis): يستخدم هذا التحليل لبيان مدة ثباتية جزيئات الفحم وعدم تفككها أثناء النقل والتحميل ويتم الإختبار وفق الخطوات الآتية:
- أ. إستخدم منخلين بدرجتين مختلفة (4 ، 16) مش على التوالي فوق جهاز الهزاز وتوضع 100 غم من الفحم الجاف ولمدة 2 دقيقة.
- ب. توزن محتوى كل منخل على حدى وتقدر النسبة المئوية لوزن الدقائق المارة من خلال المنخل الأول والمستقرة على المنخل الثاني.
4. حرارة الإحتراق (Calorific Value): إتمتد الطريقة المتبعة من قبل (حميد ، 2009) وعلى النحو الآتي:
- أ. نأخذ قطعة من الفحم، نزنها بعد التوهج للتأكد من تساوي أوزان القطع المستخدمة ونضعها في علبة من المعدن الخفيف محكمة الغلف وغير نافذة للماء.
- ب. توضع العلبة داخل مسعر حراري .
- ت. تقاس درجة الحرارة للماء الموجود داخل المسعر وحجمه قبل وضع الفحم المتوهج داخل العلبة في المسعر.
- ث. بعد دقيقتين تكون كمية الحرارة قد إنتقلت من العلبة إلى الماء وتقاس درجة حرارة الماء في المسعر.
- ج. كمية الحرارة التي إكتسبها الماء يساوي كمية الحرارة التي نشرها الفحم في تفاعل إحتراقه، وتحسب حرارة الإحتراق من المعادلة الرياضية الآتية:
- $$Q = C * M * \Delta T$$
- Q = حرارة الإحتراق (كمية الحرارة الناتجة من حرق قطعة من الفحم وتحسب بناءً عليها إحتراق غم واحد من الفحم (Cal).
 C = الحرارة النوعية للماء = 1Cal/G.C° ، M = كتلة الماء G.
 ΔT = فرق الحرارة للماء قبل وبعد وضع الفحم داخل المسعر.
5. كمية الفحم المنتج: أتمتد الطريقة المتبعة من قبل (Mansooreh و Tahereh، 2014) وفق المعادلة الآتية:
- $$Y = W_1 / W_2 * 100$$
- Y = كمية الفحم المنتج ، W₁ = وزن الجاف للفحم، W₂ = الوزن الجاف للخشب قبل الإنحلال الحراري.

النتائج والمناقشة

صفات الأخشاب المختبرة

أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لمحتوى الأخشاب المستخدمة لإنتاج الفحم (جدول 2) تباين في نسب المكونات الكيميائية للأخشاب حيث أحتوى خشب أشجار الزيتون الأخضر على أعلى نسبة من المستخلصات الذائبة (8.46 %)، وأقل نسبة من المستخلصات وجدت في خشب أشجار السرو الأخضر الأفي إذ بلغت (4.80 %) وقد تباينت المستخلصات في الأنواع ما بين الذائبة في مزيج الإيثانول – بنزين والماء الحار، أما محتوى خشب الأشجار من اللكين فقد تراوح بين (21.15 %) لخشب القوغ الفراتي و (29.70 %) لخشب الصنوبر البروتي كما أحتوى خشب القوغ الفراتي على أعلى نسبة من الهولوسيليلوز (سيليلوز + هيمي سيليلوز) إذ بلغت (72.79 %) مقارنة مع الثويا والصنوبر والتي بلغت (62.34 و 62.61) % على التوالي وقد أثرت هذه النسب ومع عوامل أخرى لم يتم دراستها في صفة كثافة خشب الأشجار (جدول 3) حيث تميز خشب الزيتون بكثافة أعلى مقارنة بكثافة باقي أنواع الأخشاب المدروسة تأثيرها في صناعة الفحم وقد بلغت (0.99 غم \ سم³). قد اتفقت هذه النتائج مع ما تم التوصل إليه أو اشير له من قبل كل من (Sheikh، 1993) و (قصير و الحيايلى، 1986) و (أحمد و شاهين، 2011).

جدول 2 نسب المكونات الكيميائية لخشب الأشجار المختبرة مدى ملائمتها لصناعة الفحم

الهلوسيليلوز %	اللكنين %	المستخلصات الذاتية %		الاسم العلمي	ت
		الماء الحار	الإيثانول - بنزين		
69.55	24.21	2.43	3.81	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1
69.13	24.92	2.40	3.55	<i>Eucalyptus microtheca</i>	2
72.79	21.15	3.43	2.63	<i>Populus euphratica</i>	3
70.66	23.5	3.32	2.52	<i>Populus alba</i>	4
69.35	25.25	3.00	2.40	<i>Dalbergia sissoo</i>	5
68.65	24.45	3.60	3.30	<i>Gledisia triacanthos</i>	6
68.14	24.30	4.26	3.30	<i>Morus alba</i>	7
67.59	25.56	4.02	2.83	<i>Morus nigra</i>	8
68.78	22.76	3.12	5.34	<i>Olea europeae</i>	9
72.31	21.37	3.57	2.75	<i>Platanus oreintalis</i>	10
62.61	29.80	4.14	3.45	<i>Pinus brutia</i>	11
62.34	29.70	4.46	3.50	<i>Thuja orientalis</i>	12
72.29	22.45	2.67	2.59	<i>Callistemon viminalis</i>	13
66.90	28.30	2.30	2.50	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>pyramidalis</i>	14
67.00	27.68	2.94	2.38	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>horizontalis</i>	15
69.08	24.42	3.65	2.85	<i>Quercus aegilops</i>	16

جدول 3 كثافة أخشاب الأشجار المستخدمة في صناعة الفحم

الكثافة	نوع الشجرة	ت	الكثافة	نوع الشجرة	ت
0.99	<i>Olea europaea</i>	9	0.68	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1
0.47	<i>Platanus oreintalis</i>	10	0.71	<i>Eucalyptus microtheca</i>	2
0.52	<i>Pinus brutia</i>	11	0.42	<i>Populus euphratica</i>	3
0.33	<i>Thuja orientalis</i>	12	0.40	<i>Populus alba</i>	4
0.75	<i>Callistemon viminalis</i>	13	0.75	<i>Dalbergia sissoo</i>	5
0.46	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>pyramidalis</i>	14	0.67	<i>Gledisia triacanthos</i>	6
0.47	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>horizontalis</i>	15	0.62	<i>Morus alba</i>	7
0.59	<i>Quercus aegilops</i>	16	0.55	<i>Morus nigra</i>	8

صفات الفحم المنتج

أظهرت نتائج الدراسة (جدول 4) وجود تباين في الصفات المدروسة للفحم المنتج من عدة أنواع من أخشاب الأشجار المنتشرة داخل العراق وقد كانت النتائج كالتالي :-

1. المحتوى الرطوبي: لوحظ بأن الفحم المنتج من خشب الأشجار قد احتوى على رطوبة قليلة نسبياً حيث بلغت أعلى نسبة مقدرة لها في فحم خشب فرشاة البطل *Callistemon viminalis* (6.589 %) و أقل محتوى رطوبي في الفحم المنتج من خشب أشجار الثويا *Thuja orientalis* (2.605 %) علماً بأن عملية التجفيف الهوائي ومن ثم قياس المحتوى الرطوبي للعينات قد جرت في منتصف شهر آذار ويشير F.S. (1961) إلى أن المحتوى المناسب للرطوبة المكتسبة من الجو للفحم المنتج يجب أن تتراوح بين (2 - 4) % وإن جودة الفحم المنتج تتأثر بكمية محتواها الرطوبي حيث تقل قيمتها بزيادة محتوى رطوبتها كما وتتناسب كمية الاذخنة الناتجة من إحتراق الفحم طردياً مع محتواها الرطوبي.

2. الرماد: بلغ محتوى الرماد الناتج عن إحتراق الفحم الخشبي لأشجار الصنوبر البروتي أعلى نسبة لها إذ بلغت (6.3 %) تلتها فحم خشب السرو الأخضر بضربيه الأفقي والعامودي ومن ثم القوغ الفراتي في حين سجلت أقل محتوى للرماد من حرق الفحم المنتج من خشب الثويا إذ بلغت (1.6 %) ويتأثر محتوى الرماد في الفحم الخشبي بنوع الخشب وبمحتواها من الرماد والمستخلصات ومكوناتها الكيميائية المختلفة والتي قد تتأثر أثناء الإنحلال الحراري للعينة الخشبية، علماً بأن المدى المسموح به للفحم الجيد يتراوح بين (1.0 - 4.0) حسب (F.S. ، 1961)، كما وتشير F.A.O. (1962) إلى ان افضل انواع الفحم تكون ذات محتوى 3% من الرماد.

جدول 4 قيم الصفات الفيزيائية والكيميائية للفحم المنتج من خشب الأشجار المختبرة .

ت	الاسم العلمي	المحتوى الرطوبي %	الرماد %	الكثافة غم / سم ³	المواد المتطايرة %	تحليل الغريبة %	حرارة الإحتراق Cal
1	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	5.363	4.3	1.03	18.3	10	6100
2	<i>Eucalyptus Microtheca</i>	5.415	4.4	1.09	18.1	10	6650
3	<i>Populus Euphratica</i>	6.018	5.0	0.88	17.3	23	5970
4	<i>Populus Alba</i>	3.574	2.5	0.85	17.2	22	5830
5	<i>Dalbergia Sissoo</i>	3.051	2.0	1.01	16.1	18	6000
6	<i>Gledisia Triacanthos</i>	3.591	2.5	1.02	18.6	19	6100
7	<i>Morus Alba</i>	5.134	4.1	1.09	20.2	15	6680
8	<i>Morus Nigra</i>	5.122	4.2	1.02	19.6	15	6200
9	<i>Olea Europaea</i>	4.198	3.1	1.11	23.1	05	6800
10	<i>Platanus Oreintalus</i>	3.263	2.6	0.91	16.8	20	5900
11	<i>Pinus Brutia</i>	3.301	6.3	1.01	22.0	07	5990
12	<i>Thuja Orientalis</i>	2.605	1.6	0.80	22.1	07	5760
13	<i>Callistemon Viminalis</i>	6.589	2.6	1.08	15.8	19	6500
14	<i>Cupressus Sempervirens Var. Pyramidalis</i>	3.432	4.6	0.99	18.3	09	5950
15	<i>Cupressus Sempervirens Var Horizontalis</i>	3.339	5.8	1.01	18.6	09	6000
16	<i>Quercus Aegilops</i>	4.012	4.0	1.03	17.2	08	6120

3. الكثافة غم \ سم³: تراوحت معدلات الكثافة لأنواع الفحم المنتج من الأخشاب بين (0.80 غم \ سم³) للثويا و (1.11 غم \ سم³) للفحم المنتج من خشب الزيتون، وقد ارتبط كثافة الفحم المنتج بكثافة الأخشاب المستخدمة في صناعته فضلاً عن تأثرها بعوامل أخرى كمحتوى اللكئين وبعض أنواع المستخلصات الخشبية (Hindi ، 2012) وهذا ما يفسر تفوق الفحم المنتج من خشب الزيتون في كثافته وإنخفاض كثافة الفحم المنتج الثويا ونوعي القوغ.

4. المواد المتطايرة: تراوحت نسبة المواد المتطايرة من الفحم الخشبي بين (15.8 %) للفحم المنتج من خشب فرشاة الزجاج و (23.1 %) للفحم المنتج من خشب الزيتون، وهي نسبة جيدة إذ تقع ضمن المدى المحدد من قبل (F.S. ، 1961) والتي حددت أعلى نسبة للمواد المتطايرة بين (18 – 23) % ، وترتبط ارتباطاً مباشراً بمحتوى النوع من المستخلصات والمحتوى الرطوبي للفحم ويشير El-Juhany و آخرون (1996) إلى ان الفحم ذو المحتوى العالي من المواد المتطايرة يفضل إستخدامه في عمليات الشواء والتدفئة لسهولة إحتراقها وتتطايرها في اللحظات الأولى من الحرق بينما منخفضة المواد المتطايرة تبقى فترة اطول وقد لا تحترق بصورة كاملة ويفضل إستخدامها في صناعة المعادن.

5. تحليل الغريبة: أظهرت نتائج الدراسة أن الفحم المنتج من خشب الزيتون والصنوبر والثويا كانت أكثر تماسكاً حيث بلغت نسبة التمسك في تحليل الغريبة (5 ، 7 ، 7) % على التوالي تلتها الفحم المنتج من خشب نوعي السرو الأخضر الأفقي والعامودي لتبلغ (0.9%)، أما أعلى نسبة تفتت فقد بلغت في خشب نوعي القوغ (22 ، 23) %، وقد يعود السبب في تماسك الفحم لمحتوى اللكئين في الأنواع الخشبية حيث لوحظ إزدياد مقدار التماسك بزيادة محتوى اللكئين، وقد ذكر كل من Hindi (2012) و Pereira و آخرون (2013) بأن اللكئين لايتأثر بصورة مباشرة بدرجات الحرارة العالية أثناء عملية الإنحلال الحراري للخشب مما يحافظ على تماسك الأواصر مع بعضها البعض والذي ينعكس بالإيجاب على صفة الفحم.

6. حرارة الإحتراق: قيم حرارة الإحتراق للفحم الناتج من الإنحلال الحراري لأنواع مختلفة من اخشاب الأشجار تراوحت ما بين (5760 – 6800) سعرة حرارية وقد تباينت قيم الإحتراق لأنواع الفحم المنتج بإختلاف أنواع خشب الأشجار المنتجة منها وقد تفوق خشب الزيتون الأخضر تلاها خشب التوت الأبيض والاسود والبلوط في حين اظهر فحم خشب الثويا اقل قيمة لحرارة الإحتراق وقد يعود السبب في ذلك لكثافة الفحم حيث اعطت الانواع ذات الكثافة العالية قيمة إحتراق اعلى.

7. كمية الفحم المنتج: أظهرت النتائج (جدول 5) ان النسبة المئوية للفحم المنتج من الأنواع الخشبية قد تراوحت بين (28.68 – 47.13) % وقد لوحظ بأن خشب الأشجار ذات الكثافات العالية قد اعطت نسبة إنتاج عالية مقارنة بالأنواع الخشبية منخفضة

الكثافة حيث تفوق خشب اشجار الزيتون الاخضر والسيسم وفرشة الزجاج واليوكالبتوس فضلاً عن اشجار القوغ الفراتي في النسبة المئوية من الفحم المنتج.

الإستنتاجات

نستنتج من خلال النتائج أعلاه بأن الأخشاب ذات الكثافة العالية والمحتوى الجيد من اللكئين قد اعطى فحم ذات إنتاجية جيدة وبمواصفات جيدة وان محتوى الخشب من المستخلصات اثرت بصورة متباينة في إنتاج الفحم وجودته ويعود سبب ذلك لنوع مكونات المستخلص من المركبات الكيميائية والتي تتباين من نوع لأخر.

وإستناداً للنتائج المعروضة نجد أن خشب الزيتون الأخضر وفرشة البطل واليوكالبتوس بنوعيه تعد مناسبة لإنتاج فحم ذي نوعية جيدة مع ملاحظة أن باقي انواع الخشاب قد انتجت فحم بمواصفات مقبولة.

جدول 5 النسبة المئوية لإنتاجية الفحم

ت	نوع الشجرة	إنتاجية الفحم %	ت	نوع الشجرة	إنتاجية الفحم %
1	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	40.37	9	<i>Olea europaea</i>	41.82
2	<i>Eucalyptus microtheca</i>	41.56	10	<i>Platanus oreintalus</i>	28.68
3	<i>Populus euphratica</i>	40.93	11	<i>Pinus brutia</i>	35.27
4	<i>Populus alba</i>	35.17	12	<i>Thuja orientalis</i>	30.92
5	<i>Dalbergia sissoo</i>	45.13	13	<i>Callistemon viminalis</i>	40.31
6	<i>Gledisia triacanthos</i>	33.71	14	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>pyramidalis</i>	30.32
7	<i>Morus alba</i>	35.17	15	<i>Cupressus sempervirens</i> Var. <i>horizontalis</i>	31.23
8	<i>Morus nigra</i>	36.91	16	<i>Quercus aegilops</i>	36.36

المصادر

1. ناكري ، توفيق درويش مسته فا (2009) داروده وه ني هه ريمي كوردستان و عيراق. به ريوه به رايه تي كشتي ره زكه ري و دارستان وله وه ر كاكان ، وه زارتي كشتوكال ، هه ريمي كوردستان ، عيراق .
2. أحمد ، أسامة إبراهيم و شاهين عباس مصطفى (2011) . دراسة نسب المكونات الكيميائية لنوعي خشب البلوط النامية طبيعياً في منطقة كوي سنجق . مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية . مجلد (11) ، عدد (3) .
3. إندهورف ، اوتمار و رومان بيج و يوبا سوكونا و تيم سويسكل و سوزانا كادير و باترك ماتشوز و كرستين سايبوث (2011) مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من اثار تغير المناخ – ملخص لصانعي السياسات وملخص فني . التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ . (ISBN 978-92-9169-631-4) . عدد الصفحات 248 .
4. الزيد بكري، أسامة إبراهيم (1999). دراسة بعض الخواص التكنولوجية لخشب أشجار السرو الاقفي *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis* النامية في منطقة حمام العليل. رسالة ماجستير. قسم الغابات – كلية الزراعة والغابات/جامعة الموصل.
5. حميد ، محمود احمد (2009) . دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للفحم الخشبي لبعض الأنواع الخشبية (السنديان العادي والسنديان البلوطي والقطب والاوكالبتوس) . مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (2009) – المجلد (25) – العدد 2 – الصفحات (233 – 246).
6. شلال ، أمال و عدنان ياسين و حسين لطيف (2012) . تحليل الوضع السكاني في العراق 2012 – التقرير الوطني الثاني حول حالة السكان في إطار توصيات المؤتمر الدولي للسكان والتنمية والاهداف الإنمائية الالفية . بيانات وزارة التخطيط – جمهورية العراق لسنة 2012 . www.Mop.Gov.Iq/Mop/Resources/.../Pdf/Report_Part1.P .
7. قصير ، وليد عبودي وعبد اللطيف سلطان الحياي (1986) . مقارنة بعض الخواص التشريحية والوزن النوعي لخشب ضربي السرو الناميان في العراق . مجلة زراعة الرافيدين . مجلد (18) عدد (1) .
8. Antal , M. J.; Gro Nli , M. (2003) The Art, Science, And Technology Of Charcoal Production. Industrial And Engineering Chemistry Research, V.42, N.8, P.1619-1640, 2003.

9. **El-Juhany L. I. , I. M. Aref And M. M. Megahed (1996)** . Properties Of Charcoal Produced From Some Endemic And Exotic Acacia Species Grown In Riyadh , Saudi Arabia . Journal Of The Advances In Agricultural Research, Egypt, 2003, Vol. 8 (4): 695-704.
10. **F.A.O. (1962)** . Charcoal of domestic and industrial uses . F.A.O. , Rome , Italy .
11. **F.A.O. (1985)** . Industrial Charcoal Making . Mechanical Wood Products Branch , Forest Industries Division , FAO Forestry Department . M-37 , ISBN 92-5-102307-7 . Rome . Italy .
12. **F.A.O. (2006)** Forestry Outlook Study For West And Central Asia . Chapter 5 : Vol. 7 . Www.Fao.Org/Forestry/Site/26071/En .
13. **F.A.O. (2014)** . Forest Production . FAO Forestry Series No. 49 . Forestry Policy And Resources Division FAO, Viale Delle Terme Di Caracalla 00153 Rome, Italy .
14. **F.S. (1961)** .Charcoal Production , Marketing , And Use . Forest Production Laboratory , United State Department Of Agriculture And Forest Service . Madison , Wisconsin .
15. **Gumma , Hassan And Mohmed Fathi (2000)** . A Simple Charcoal Kiln For Hardwoods Or Other Dense Biomass (Quick, Efficient, Economic With Low Environmental Impact) . H. Gomaa / Icehm2000, Cairo University, Egypt, September, 2000, Page 167- 174 .
16. **Hindi , Sharif S. Z. (2012)** . Effect Of Wood Material And Pyrolytic Condition On Biocarbon Production . International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER) . Vol.2, Issue.3, May-June 2012 Pp-1386-1394 .
17. **Kammen , Daniel M. And Debra J. Lew (2005)** . Review Of Technologies For The Production And Use Of Charcoal . Renewable And Appropriate Energy Laboratory Report , Energy And Resources Group & Goldman School Of Public Policy - University Of California, Berkeley, CA 94720-3050 .
18. **Kouami , Kokou , Nuto Yaovi And Atsri Honan (2009)** . 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, September, 2009 Available Online At [Http://Www.Academicjournals.Org/SRE](http://Www.Academicjournals.Org/SRE) (ISSN 1992-2248 © 2009 Academic Journals).
19. **Mansooreh , Soleimani And Tahereh Kaghazchi (2014)** . Low Cost Adsorbents From Agriculture By Products Impregated With Phosphoric Acid . Advanced Chemical Engineering Research . Volum 3 , 2014 .
20. **Menemencioglu , Kayhan (2013)** . Traditional Wood Charcoal Production Labour In Turkish Forestry (Çankırı Sample) . Journal Of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (2): 1136-1142. 2013 .
21. **Olesen, P.O. (1971)** . The Water Displacement Method . Forest Tree Improvement 3: 3–23.
22. **Penfold , R. And J.L. Willig (1961)** .The Eucalyptus Botany , Cultivation , Chemistry And Utilization . London – Leonard Hill (Books) Limited , Inter Science Publishers , INC. New York (Pages 552) .
23. **Pereira , Barbara L. Corradi , Angelica De C. O. Carnerio , Ana Marcia M. L. Carvalho Jorge L. Colodette , Aylson Costa Oliveira And Mauricio P. F. Fontes (2013)** . Influence Of Chemical Composition Of *Eucalyptus* Wood On Gravimetric Yield And Charcoal Properties . Wood Chemistry & Charcoal , Bio Resources 8 (3) . 4574 – 4592 .
24. **Sheikh , Mahmood Iqbal (1993)** . Tree Of Pakistan . Peshawar , Pakistan Forest Institute , 142 Page . (Pdf.Usaid.Gov/Pdf_Docs/PNABW250.Pdf) .
25. **Zanuncio , A. J. V. , Amélia G. C , Paulo F. T And Thiago C. (2014)** . Extractives And Energetic Properties Of Wood And Charcoal . Monteiro . Revista Árvore, Viçosa-Mg, V.38, N.2, P.369-374, 2014.