تحضير كاربون منشط من مزيج (خشب _بوليمر) باستخدام أشعة المايكروويف

د. خالد احمد عويد — استاذ مساعد/قسم الكيمياء — جامعة الموصل

د. أحمد عبد الكريم ذنون — مدرس /قسم الكيمياء — جامعة الموصل

ميادة محمودعلي — مدرس/كلية طب الاسنان — جامعة الموصل

ABSTRACT

The research work was aimed for preparation of activated carbon from blending the wood of lead tree with variable ratio of polymers organic glass(PMMA),recycled rubber (5,10,15)% after carbonization process for 3hrs at 350c° then an activation process by treating the product of carbonization process with(1:2)(carbonized materials :KOH)by heating with microwave oven for(4,8,12)min at 720 watt, many tests have been conducted on prepared activated carbon samples such as determining the activity of the samples through adsorption of iodine and methylene blue from aqueous media, the density and humidity content were measured and all the properties were compared with commercial one from British and Russ.

الخلاصة

يهدف البحث الى تحضير كاربون منشط من مزج خشب شجرة الرصاص مع بوليمرات الزجاج العضوي (PMMA) والمطاط المعاد وبنسب (15,10,5)% ومن ثم اجراء عملية الكربنة لمدة 3 ساعات عند 350ْم وبعدها تعامل مع هيدروكسيد البوتاسيوم وبنسبة (1:2)وباستخدام اشعة المايكروويف عند طاقة 720واط وبأزمان (12,8,4)دقيقة بعدها غسلت النماذج بالماء المقطر عدة مرات ،ثم نقيت بمعاملتها بمحلول 10% HCL باستخدام التصعيد الحراري ثم يرشح ويغسل بالماء المقطر الى حين تعادل ماء الغسيل ،تجفف النماذج عند درجة حرارة 120 م° لمدة 24 ساعة ،ثم جرى تقييم الخواص الامتزازية للنماذج المحضرة (صبغة المثليين الزرقاء ،الرقم اليودي ،الكثافة ،الرطوبة)ومقارنتها مع نماذج تجارية بريطانية وروسية.

* *Presented at the second conference on Chemistry, University of Mosul, college of Education, 17-18 Novamber-2013.*

المقدمة

يستخدم لتحضير الكاربون المنشط انواع متعددة من المواد العضوية الكاربونية كمواد اولية ومنها الخشب، العظام، الفحم البني والداكن، قشور جوز الهند، الرماد الورقي الاسود، المخلفات النفطية الثقيلة، المواد نصف المتفحمة، السكر، والترسبات العضوية الناتجة من معاملة مياه الصرف الصحي، فضلاً عن انتاجه من بعض المواد المصنعة مثل البوليمرات العضوية المختلفة وتفضل المواد ذات المحتوى الكاربوني العالي في صناعة الكاربون المنشط، اما المواد الأخرى ذات المحتوى الكاربوني القليل والواطئ فتمر بعملية كربنة حيث تسخن المواد الاولية بمعزل عن الهواء إلى درجات حرارية بين (400–500)°م لتخليص الكاربون من بعض المواد الداخلة في تركيبه التي تتحول بدورها إلى مواد متطايرة. بعد عملية الكربنة تأتي عملية التنشيط التي تعمل على زيادة الكفاءة الامتزازية للكاربون [1]

كما نجد في الأدبيات , فقد تمكن Poirre[2] وجماعته من تحضير الكاربون المنشط من الفحم الحجري, وذلك بمفاعلته مع محاليل قاعدية من هيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم, وبعد ذلك يتم تنشيط الكاربون الناتج عند درجة حرارة تتراوح بين (950–1000)°م بوجود غاز الاركون, واظهر الكاربون المنشط المحضر صفات امتزازية ومساحة سطحية جيدة.

ودرس Zhongfu[3] تحضير الكاربون المنشط من الفضلات الناتجة من صناعة الفورفورال، اذ أخذ هذه الفضلات وجففها عند (80–200)°م لمدة 2–8 ساعات، بعد ذلك اجرى عليها عملية كربنة عند(300–500)°م لمدة 0.5–2 ساعة، ثم تنشيط الناتج عند(800–1000)°م بإستخدام بخار ماء.

وحضر Hong[4] وجماعته الكاربون المنشط من مخلفات النباتات الفطرية بواسطة التنشيط الحراري بالمايكروويف وباستخدام كاربونات البوتاسيوم K2CO3 بطاقة اشعاع 520 واط بزمن 16 دقيقة.

حضر Gapareda و Sergio[5] الكاربون المنشط من مخلفات الكتلة الحيوية (Biomass Waste) من خلال تقنية التغويز الحراري.

وحضر Lin[6] وجماعته الكاربون المنشط من المخلفات الصلبة لمياه الصرف الصحي بالتنشيط الكيميائي بدرجة 600 م° وبوجود هيدروكسيد البوتاسيوم KOH وكلوريد الخارصينZnCl2 مع حامض الفسفوريك.

حضر Zhong[7] وجماعته الكاربون المنشط من قشور الفول السوداني بالتسخين بالمايكروويف بطاقة 5oo.7 واط بزمن 9.8 دقيقة وبوجود حامض الفسفوريك.

وحضر (Foo) و(Hameed)[8]الكاربون المنشط بكفاءة عالية من نشارة الخشب بواسطة التنشيط باستخدام كاربونات البوتاسيوم K2CO3 بالتسخين بالمايكروويف.

وحضر Foo وHameed[9] الكاربون المنشط من قشور الاناناس بواسطة التنشيط الكيميائي باستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم وكاربونات البوتاسيوم بالتسخين بالمايكروويف بطاقة 600 واط وزمن 6 دقائق.

وحضر (Foo) و(Hameed)[10] الكاربون المنشط من المخلفات الصلبة لصناعة الديزل الحيوي Biodiesel باستخدام التسخين في المايكروويف وباستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم KOH كعامل تنشيط.

وحضر اسماعيل [11] الكاربون المنشط من اسفلت بيجي المعامل مع بعض البوليمرات وباستخدام التنشيط الحراري والتنشيط الكيميائي بهيدروكسيد البوتاسيوم باستخدام التسخين الاعتياديوالتسخين بالمايكروويف وحصل على نتائج جيدة.

الطرائق العملية

1.1 تهيئة المواد الاولية

تؤخذ كمية من خشب شجرة الرصاص ويتم طحنها يدويا ويطحن بواسطة مطاحن كهربائية بحيث يكون الناتج بشكل مسحوق ومن ثم اجراء عملية الكربنة اولية وبمعزل عن الهواء تقريبا عند درجة حرارة (350±25) م°

2-1 تهيئة المواد البوليمرية للتفاعل[12]

اخضعت الفضلات البوليمرية لعملية سحق ميكانيكي وحراري قبل خلطها مع الخشب بهدف الحصول على بوليمرات ذات وزن جزيئي أوطأ وأجريت هذه العملية بالاعتماد على التحليل الحراري الوزني كما يأتي:

أ.التكسير الحراري للبولي ميثايل ميثاكريلات

قطعت صفائح البولي ميثايل ميثاكريلات المتمثلة بفضلات الزجاج العضوي إلى قطع صغيرة ووضعت في جفنة خزفية مغطاة برقائق الالمنيوم ثم سخنت الجفنة في فرن كهربائي (Furnace) بدرجة حرارة 350 م° لمدة ساعتين، بعد ذلك أخرجت المادة وتركت لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة ، ثم سحقت على شكل مسحوق ناعم باستخدام الهاون.

ب. التكسير الحراري للمطاط

تم تقطيع أجزاء من الاطارات التالفة إلى قطع صغيرة ووضعت في جفنة خزفية مغطاة برقائق الألمنيوم ثم سخنت الجفنة في فرن كهربائي (Furnace) بدرجة حرارة 350ْ م لمدة ساعة

3-1 تحضير الكاربون المنشط

تؤخذ نسب معينة من الخشب المكربن كربنة اولية ويضاف له الفضلات البوليمرية المكسرة حراريا (الزجاج العضوي، والمطاط المعاد) بنسب(15,10,5)%ومن ثم يكربن المزيج عند 350م°لمدة3ساعات وبعدها يخلط مع هيدروكسيد البوتاسيوم وبنسبة (1:2) ويعالج باستخدام اشعة المايكروويف عند طاقة 720واط وبأزمان مختلفة (10,8,4) دقيقة بعدها يبرد النموذج الى درجة حرارة الغرفة.

4-1 تنقية الكاربون المنشط

ينقى الكاربون المنشط الناتج وحسب المعاملات الاتية:

1. تغسل النماذج المكربنة بالماء المقطر عدة مرات لغرض ازالة هيدروكسيد البوتاسيوم غير المتفاعل, حتىالتاكدان ناتج عملية الغسل متعادل باستخدام ورق عباد الشمس ثم يجفف في فرن عند (100–110) م° ولمدة (5) ساعات.
2. تعالج النماذج بتصعيدها مع محلول (10%) من حامض الهيدروكلوريك مع التصعيد الحراري لمدة ساعة واحدة وذلك لازالة أي اثر للايونات.
3. تغسل النماذج بالماء المقطر مرات عدة لحين التأكد من خلوها من بقايا حامض الهيدروكلوريك باستخدام ورقة عباد الشمس.
4. تجفف النماذج عند (110–120) م° لمدة (24) ساعة، وتسحق وتغربل باستخدام مناخل mesh (20–40) من إنتاج شركة (Retsch Germany) ثم تؤخذ الدقائق ذات الحجم mesh (20–30) وتحفظ بمعزل عن الهواء والرطوبة في مجفف.

5-1 تعيين مواصفات نماذج الكاربون المنشط

حددت المواصفات القياسية لنماذج الكاربون المنشط المحضر وذلك باستخدام الطرائق القياسية وعلى النحو الاتي:

أولاً– قياس المساحة السطحية الداخلية للكاربون المنشط عن طريق قياس قابلية امتزاز اليود من محلوله المائي[13] Adsorption of Iodine from Aqueous Solution

تعد هذه الطريقة من الطرائق السريعة المستخدمة لغرض تزويدنا بالمعلومات عن المساحة السطحية الداخلية ويعبر عنها بعدد الملغرامات من اليود الممتزة من المحلول بواسطة (1) غم من الكاربون المنشط وتتضمن ما يأتي:

1. يوزن غرام واحد من الكاربون المنشط الجاف ويوضع في دورق مخروطي سعته (250) مل.
2. ينقل بواسطة ماصة (10) مل من محلول (5%) حامض الهيدروكلوريك الى الدورق.
3. يسخن الدورق مع محتوياته الى ان يغلي لمدة نصف ساعة ويترك بعدها ليبرد الى درجة حرارة المختبر.
4. يضاف بواسطة ماصة (100) مل من محلول اليود (0.1N) الى الدورق.
5. يوضع الدورق في جهاز الرج الكهربائي لمدة نصف دقيقة ثم يتم ترشيح محتويات الدورق بواسطة ورقة ترشيح جافة ونظيفة ويهمل مايقارب (20−25) مل من الراشح في بداية عملية الترشيح ويجمع الباقي في دورق نظيف.
6. ينقل (50) مل من الراشح الى دورق مخروطي سعته (250) مل ويسحح مع محلول قياسي من ثايوسلفات الصوديوم (0.1N) الى ان يصبح لون المحلول أصفر باهتاً، ثم تتم إضافة (1) مل من دليل النشا (Starch) ويكمل التسحيح الى ان يختفي اللون الازرق لدليل النشا ويحسب حجم الثايوسلفات المستخدم.
7. يحسب وزن اليود الممتز من نماذج الكاربون المنشط بتطبيق المعادلة:

$$X = A - [2.2B \times mL \text{ of Thiosulfate Used}] \ldots..(1)$$
$$A = N_1 \times 12693 \ldots\ldots\ldots.(2)$$
$$B = N_2 \times 126.93 \ldots\ldots\ldots.(3)$$

اذ ان :

X= وزن اليود بالملغرام الممتز بواسطة الكاربون المنشط.

N_1 = عيارية محلول اليود (0.1N).

N_2 = عيارية ثايوسلفات الصوديوم (0.1N).

اما الرقم اليودي فيتم حسابه من المعادلة الآتية:

$$In = \frac{X}{M} D \ldots\ldots..(4)$$

اذ ان:

M = وزن إنموذج الكاربون المنشط المستخدم.

D = معامل التصحيح (Correction Factor)

ثانياً- قياس المساحة السطحية الخارجية للكاربون المنشط عن طريق قياس قابلية امتزاز صبغة المثيلين الزرقاء من محلولها المائي:[14]

Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solution

تعتمد هذه الطريقة على اخذ (0.1) غم من الكاربون المنشط ووضعه في دورق مخروطي ويضاف اليه كمية معلومة من (20ppm) من صبغة المثيلين الزرقاء، ثم يوضع في جهاز الرج الكهربائي لمدة (24) ساعة في درجة حرارة المختبر, وفي حالة اختفاء اللون تضاف كمية اخرى معلومة من المحلول الى ان يتم الوصول الى حالة زيادة من الصبغة غير الممتزة، يفصل المحلول بعملية الطرد المركزي ثم يؤخذ المحلول الرائق ويوضع في خلية امتصاص وتقاس الامتصاصية عند طول موجي (665) نانوميتر (الطول الموجي الذي تمتص فيه صبغة المثيلين)، ثم يتم حساب تركيز الصبغة المزالة من محلولها المائي وذلك بالاستعانة بالمنحني القياسي الذي تم إعداده لهذا الغرض, وذلك بأخذ تراكيز مختلفة من محلول الصبغة (5,10,15,20,25 ppm) وقياس الامتصاصية لها عند الطول الموجي (665) نانوميتر ورسم خط بياني بين قيم الامتصاصية والتركيز.

ثالثاً- قياس الكثافة

تم وضع كمية معينة من الكاربون المنشط في اسطوانة مدرجة او قنينة حجمية سعتها 5 مل بحيث يشغل الكاربون المنشط حجمها مع ملاحظة جعل دقائق الكاربون بمستوى واحد عند العلامة بعد ذلك تم وزن الكاربون الموجود في الاسطوانة باستخدام ميزان حساس وحسبت الكثافة كما ياتي[15].

$$\text{الكثافة (غم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

رابعا- حساب النسبة المئوية للرطوبة

تم وزن واحد غرام من نماذج الكاربون المنشط ووضعت في فرن عند درجة حرارة 150 ْم لمدة ثلاث ساعات، ومن فرق الاوزان تم حساب النسبة المئوية للرطوبة[16]

النتائج والمناقشة

نظرا للصفات الامتزازية العالية للكاربون المنشط فقد لعب دورا كبيرا في الصناعة لذا اتسعت دائرة استخدامه لتشمل السيطرة على التلوث , والتحفيز , والاستخدامات الصناعية الاخرى , ولايقتصر استخدام الكاربون المنشط على جانب محدود في الصناعة بل يتسع ليشمل

معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية وذلك لقدرته على ازالة الرائحة واللون والملوثات فيها واستخدامات اخرى كثيرة . تعود اهميته لسهولة تحضيره وتنشيطه وامكانية اعادة استخدامه التي تعد منطلقا اقتصاديا مما زاد من استخدامه يوما بعد يوم[17] .

لذا فان الهدف الاساسي لعمليات التنشيط هو زيادة عدد المسامات بالنسبة لوحدة المساحة مما يؤدي الى زيادة المساحة السطحية النهائية إذ تبين هذه الدراسة تأثير طرق التنشييط, والمضافات البوليمريةعلى نوعية الكاربون المنشط المحضر , كما وضحت الدراسة اهمية استخدام تقنية التسخين بالمايكروويف التي اختزلت زمن التفاعل وتحضير الكاربون المنشط من ساعات الى دقائق ،كما انها قللت من الانبعاثات الكاربونية التي تؤثر سلبا على البيئة ،وكما قللت الطاقة المستخدمة في التفاعل بسبب قصر زمن التفاعل وكانت النتائج حسب الجدولين (1)و(2).

جدول (1) مواصفات الكاربون المنشط المحضر من معاملة الخشب مع نسب مختلفة من الزجاج العضوي (PMMA) وبأزمان مختلفة عند طاقة 720 واط.

النماذج	الزمن min	البوليمر%	الكثافة g/cm^3	محتوى الرطوبة %	الرقم اليودي mg/g	الفعالية الحجمية mg/cm^3	صبغة المثيلين الزرقاء mg/g
C1	4	5	0.246	0.85	582	143	87.75
C2	8	5	0.21	0.77	783	164	48.75
C3	12	5	0.2	0.83	859	172	73.13
C4	4	10	0.272	0.84	532	145	134.55
C5	8	10	0.236	0.80	906	214	85.8
C6	12	10	0.258	0.85	850	219	64.35
C7	4	15	0.262	0.94	811	213	75.07
C8	8	15	0.282	0.89	893	252	73.12
C9	12	15	0.242	0.84	990	240	72.12
C*	4	0	0.218	1.78	420	92	30.2
C**	---		0.674	5.5	136	91	30.2
C1 RUSS ***	---		0.325	0.62	61.5	20	34.8
C2 ****B.D.H	---		0.345	0.8	908	313	90

*C: المادة المكربنةمع القاعدة بدون بوليمر.

**C : المادة المكربنة بدون تنشيط.

*** الكاربون المنشط الحبيبي التجاري الروسي [18]

****الكاربون المنشط الحبيبي التجاري البريطاني [19]

جدول (2) مواصفات الكاربون المنشط المحضر من معاملة الخشب مع نسب مختلفة من المطاط المعاد وبأزمان مختلفة عند طاقة 720 واط.

النماذج	الزمن min	البوليمر%	الكثافة g/cm^3	محتوى الرطوبة %	الرقم اليودي mg/g	الفعالية الحجمية mg/cm^3	صبغة المثيلين الزرقاء mg/g
C10	4	5	0.34	0.94	867	295	16.5
C11	8	5	0.352	0.93	901	317	54.95
C12	12	5	0.32	0.9	884	283	61.75
C13	4	10	0.302	0.93	957	289	58.9
C14	8	10	0.308	0.91	990	305	55.1
C15	12	10	0.308	0.91	728	224	60.8
C16	4	15	0.318	0.95	755	240	58.5
C17	8	15	0.33	0.93	957	316	61.75
C18	12	15	0.31	0.93	845	262	62.7
C*	4	0	0.218	1.78	420	92	30.2
C**	---		0.674	5.5	136	91	30.2
C1 ***RUSS	---		0.325	0.62	61.5	20	34.8
C2 ****B.D.H	---		0.345	0.8	908	313	90

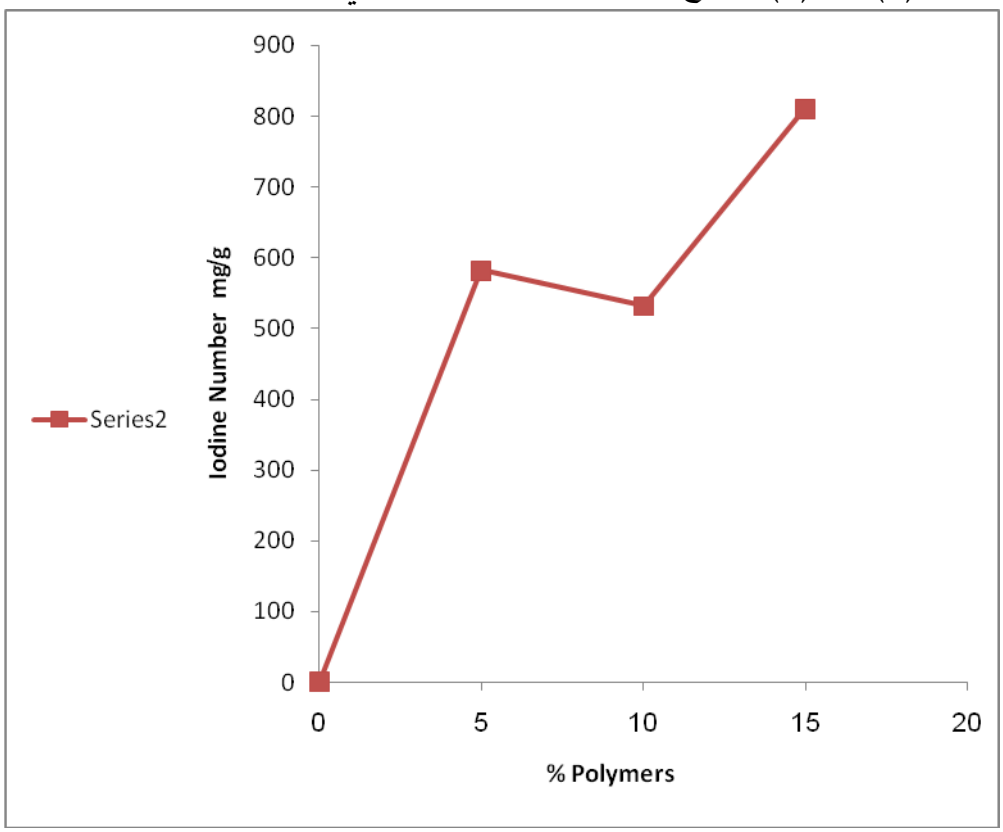
من الجدول (1) نلحظ ان طريقة التنشيط الكيمياويو باستخدام KOH ولجميع النسب البوليمرية المضافة اعطت نتائج جيدة جدا مقارنة مع النماذج التجارية. حيث نلاحظ ان قيم الرقم اليودي كانت ممتازة بالمقارنة مع النماذج التجارية اما صبغة المثيلين الزرقاء فكانت النماذج المحضرة افضل من النموذج الروسي .اما النموذج البريطاني فقيمة

المثيلين الزرقاء له كانت افضل من معظم النماذج المحضرة وهذا يفسر دور الهيدروكسيد في زيادة عدد المسامات المتكونة , اذ يعد هيدروكسيد البوتاسيوم عاملا مؤثرا في عملية التنشيط وهو يطور التركيب المسامي الدقيق في انتاج الكاربون المنشط إذ ان وجود الهيدروكسيد مع الخشب وبنسب مختلفة من بوليمر الزجاج العضوي ادى الى تحسن في الخواص الامتزازية من حيث الرقم اليودي وصبغة المثلين الزرقاء بالمقارنة مع القيم الامتزازية للكاربون المنشط المحضر من الخشب بدون استخدام الزجاج العضوي وهذا يفسر ان للبوليمر دور فعال في تحسين نوعية المسامات المتكونة اثناء عملية التنشيط بالهيدروكسيد حيث نلحظ ان بزيادة نسبة البوليمر المضافة ادى الى تحسين القيم الامتزازية مع زيادة زمن التشعيع فحصلنا على نتائج جيدة بالمقارنة مع النماذج التجارية اما قيم الكثافة ومحتوى الرطوبة فكانت مقبولة اذا ماقورنت مع التجاري .[20]

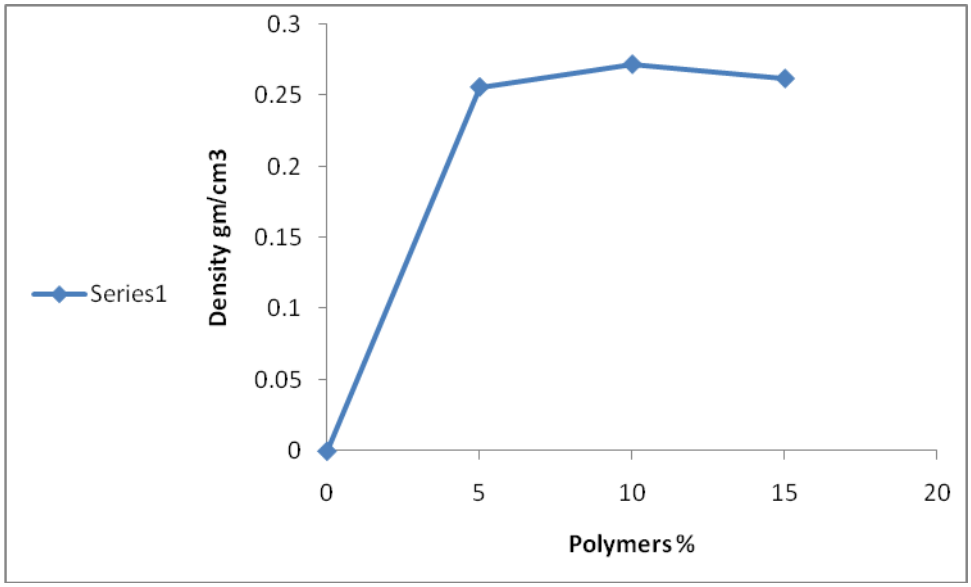
وهناك علاقة بين الكثافة والرقم اليودي وهذه العلاقة يعبر عنها بالفعالية الحجمية والذي يستخدم في التعبير عن سعة الامتزاز والعمر التشغيلي للكاربون المنشط (امكانية استعادته للاستخدام مرات اخرى) . ويمكن حساب قيمة الفعالية الحجمية من حاصل ضرب الكثافة في العدد اليودي. ان زيادة قيمة الفعالية الحجمية يؤدي الى زيادة العمر التشغيلي للكاربون المنشط وامكانية استرجاعه وإستخدامه مرات عدة .[21,22]

ومن الجدول (2) نلحظ ان جميع النسب المضافة من البوليمر ادت الى تحسين الخواص الامتزازية من حيث قيم الرقم اليودي وصبغة المثلين الزرقاء مع زيادة زمن التشعيع وهذا واضح من القيم المحصل عليها والتي كان افضلها النموذج (C14) الذي اعطى اعلى قيمة للرقم اليودي و قيمة ممتازة من حيث الفعالية الحجمية ، كما ان قيم الكثافة والرطوبة كانت مقبولة ، كذلك فان قيم الفعالية الحجمية العالية تدل على امكانية استعادة الكاربون المنشط عدة مرات مما يدل على السعة الامتزازية والعمر التشغيلي للكاربون المنشط المحضر ممتازة بالمقارنة مع النماذج التجارية ومن ملاحظة الجدولين (1) و(2) ان نوعية البوليمر المضاف كان لها تأثير في اختلاف الفعالية الامتزازية للكاربون المنشط المحضر فيظهر لنا عند استخدام الزجاج العضوي ادى الى تطور في التركيب المسامي الداخلي والخارجي بالمقارنة مع النماذج التجارية اما عند استخدام المطاط المعاد فنلحظ تحسن المسامات الداخلية والمتمثلة بالرقم اليودي بصورة اكثر من نوعية المسامات الخارجي مما يفسر ان للبوليمر المضاف تأثير في تحديد نوعية المسامات المتكونة اثناء التنشيط ،حيث ان وجود الاصرة المزدوجة في المطاط المعاد يكون له تأثير سلبي على عدد المسامات الخارجية المتكونة اذ بزيادة عدد الاواصر المزدوجة في البوليمر المضاف

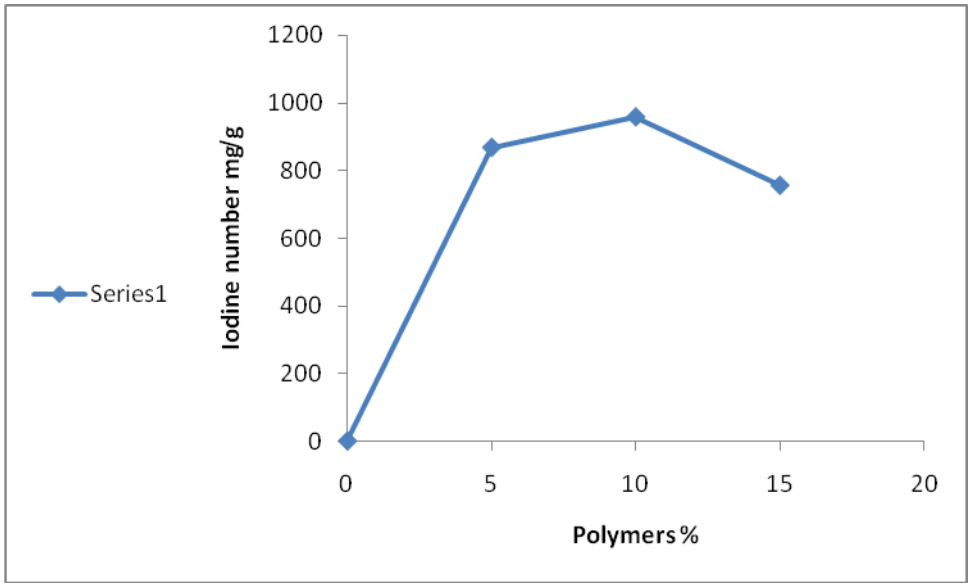
تقل الفعالية الامتزازية [11] ويؤكد هذا ان للكاربون المنشط لمحضر باستخدام الزجاج العضوي كانت قيم المثيلين الزرقاء له افضل من الكاربون المنشط المحضر باستخدام المطاط المعاد. والاشكال من (1) الى (6) توضح العلاقات البيانية المختلفة في هذه الدراسة.



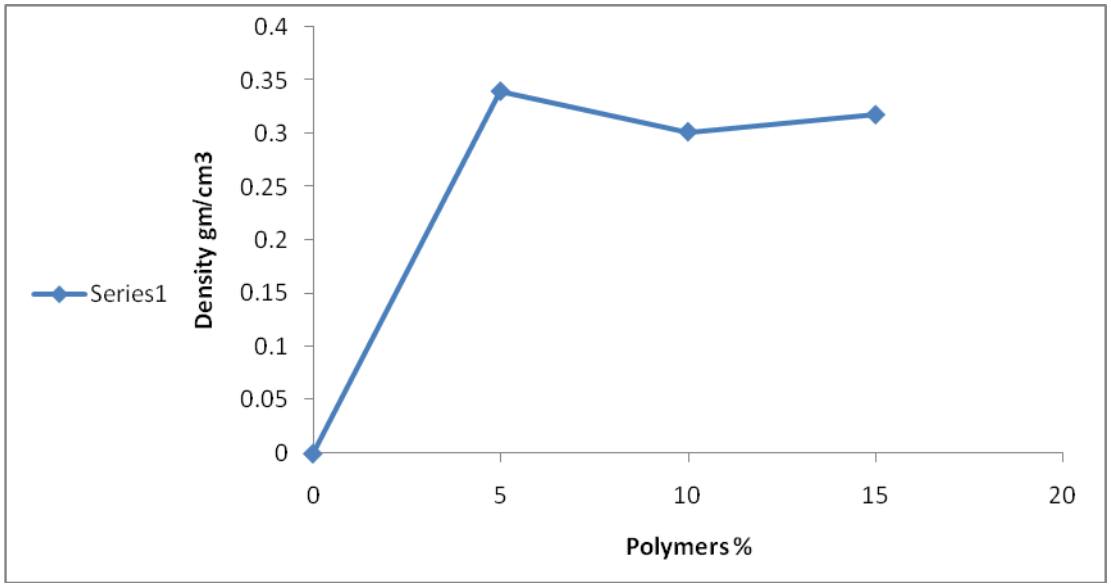
الشكل (1) النسبة بين بوليمر الزجاج العضوي والرقم اليودي للكاربون المنشط



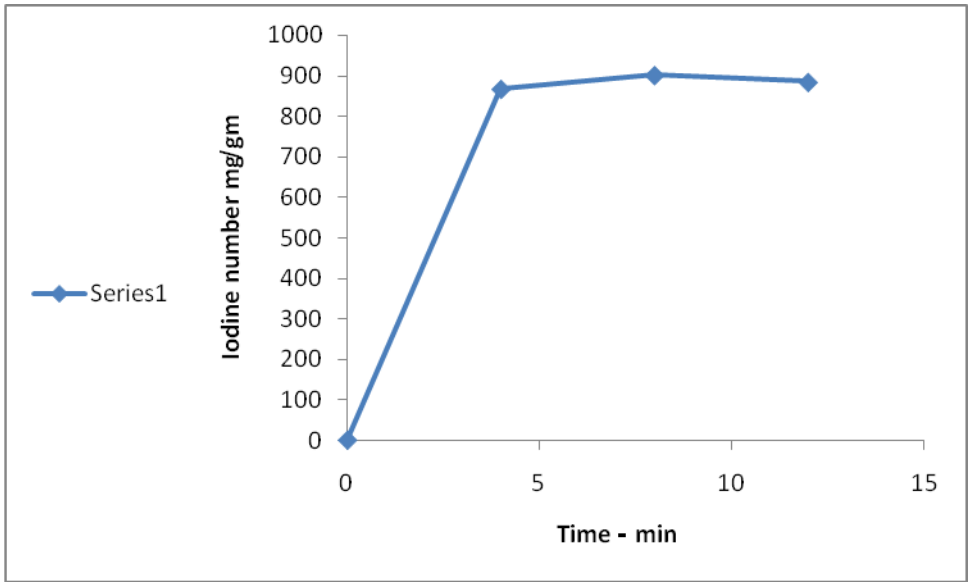
الشكل (2) النسبه بين بوليمر الزجاج العضوي والكثافة



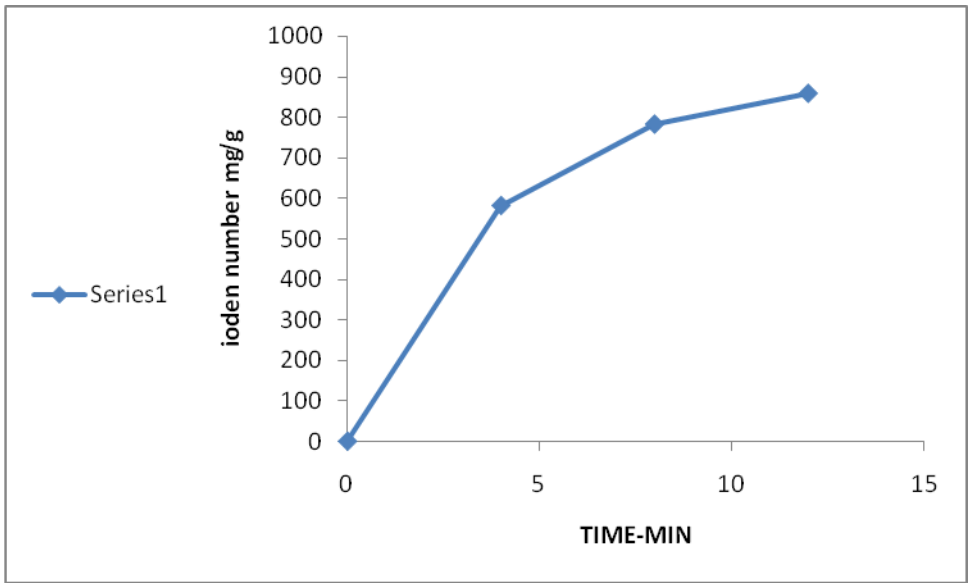
الشكل (3)النسبه بين بوليمر المطاط المعا والرقم اليودي للكاربون المنشط



الشكل (4) النسبه بين البوليمر المطاط المعاد والكثافة



الشكل (5) النسبة بين زمن التنشيط للزجاج العضوي والرقم اليودي للكاربون المنشط



الشكل (6) النسبه بين زمن التنشيط للمطاط المعاد والرقم اليودي للكاربون المنشط

المصادر

1) Baharudin, B. V. and Hoi, W. K., (1987), “The Quality of Charcoal From Various Types of Wood”, Fuel, Vol.66, p.1305.
2) Poirre E., Addoum A., Addoun F., Donnet J. and Ehrburger P., (1986), “Activated carbon from carbonization of coal’’, J. Fuel, Vol. 85, p. 1447-1449.
3) Zhongfu L., (1989), “Baqi activated carbon factory’’ Faming ZhunliShenqingGonkaishoumingshu CN87, 103, 293(C1.C01B 31/08) Chem. Abst. 1571066, 110,18.
4) Hong Xiao , Hong Peng, Shihuai Deng, Xinyao Yang, Yanzong Zhang, Yuanwei Li , (2012) “Preparation of activated carbon from edible fungi residue by microwave assisted K2CO3 activation-Application in reactive black 5 adsorption from aqueous solution” Bioresource Technology Vol.111 , P. 127–133
5) Gapareda and Sergio G., (1991), “Studies on activated carbon produced from thermal gasification of biomass waste’’, Agricultural (0539), Engineering Civil (0543), Vol. 10, pp. 4934, (C.A).
6) Q.H. Lin, H. Cheng, G.Y. Chena , (2012) , “Preparation and characterization of carbonaceous adsorbents from sewage sludge using a pilot-scale microwave heating equipment” , Journal of Analytical and Applied Pyrolysis , Vol.93 , P. 113–119.
7) Zhuo-YaZhong, Qi Yang, Xiao-Ming Li , Kun Luo, Yang Liu, and Guang-Ming Zeng, (2012), “Preparation of peanut hull-based activated carbon by microwave-induced phosphoric acid activation and its application in Remazol Brilliant Blue R adsorption” , Industrial Crops and Products , Vol.37 , P.178– 185.
8) K.Y. Foo, and B.H. Hameed , (2012) , “Mesoporous activated carbon from wood sawdust by K_2CO_3 activation using microwave heating” , Bioresource Technology, Vol. 111 , P. 425–432 .
9) K.Y. Foo, B.H. Hameed ,(2012), “Porous structure and adsorptive properties of pineapple peel based activated carbons prepared via microwave assisted KOH and K2CO3 activation” , Microporous and Mesoporous Materials , Vol.148 , P.191–195.
10) K.Y. Foo, B.H. Hameed, (2012), “Microwave-assisted preparation and adsorption performance of activated carbon from biodiesel industry solid reside: Influence of operational parameters” , Bioresource Technology , Vol.103 , P. 398–404
11) اسماعيل ، ع .ي ،(2012) " تاثير طرائق المعالجة على فعالية الكاربون المنشط المحضر من سبائك الاسفلت والبوليمر " رسالة ماجستير،جامعة الموصل.

12) احمد ، م. ص.،(2008)،" تحضير الكاربون المنشط من الزيوت المستهلكة بالمعالجة الكيميائية "، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، الموصل–العراق

13) 74, AWWA Standard for Granular Activated Carbon, (1974), B604-Sec.7, Approved by J. the American Water Works Association Board of Directors on Jan.28.

14) "Test Methods for Activated Carbon", Rosterbau Int. EngineeringGMBH, W. Germany DevtschosAizneibuch, 6th ed

15) ASTM D2854, 70 Standard Test Method for Apparent Density of Activated Carbon.

16) ISO, 5.62, (1981), "Determination of Volatile Matter Content of Hard Coal and Coke''.

17) Bansal R. C., Donnet J. B. and Stoeckli F., (1988), "Activated Carbon'', Marcel Dekker, 2nd ed. New York

18) Ramadhan, O.M. and Rigibi, M.A., (2000), "Activated Carbon by Modified Carbonization", Sci. and Educt Vol.46., pp.110-121

19) Saleem, F.F., (1997), "Production of Activated Carbon from Local Raw Materials/Effect of Structural Modifications on Physical and Mechanical Properties", Ph.D. Thesis, University of Mosul.

20) عويد خ. أ.،(2003)، "دراسة تأثير التحويرات التركيبية على أنتاج الكاربون المنشط من المخلفات النفطية الثقيلة بالمعالجة الكيميائية "، أطروحة دكتوراة ، جامعة الموصل

21) Othman, A. M.,(2008) , "preparation of sulfurized granular activated carbon from beji asphalt using concentrated H_2SO_4" , tikritjornal of pure science , vol. 13 No.(3) , pp.222 .

22) Mohammad, R.R. et al ,(2008) , "preparation of sulfurized granular activated carbon from beji asphalt using concentrated H_3PO_4" , tikritjornal of pure science , vol. 13 No.(3) , pp.229 .