



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : العلوم وتكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

إعداد الطالبات: شويرف أية الرحمان / شبرو فاطمة الزهراء / بكاكرة ايناس / خزانة

هناء / سعود كريمة

الموضوع

توليف نقاط الكربون الكمومية الناتجة من الكتلة الحيوية وتوصيفها : دراسة نظرية

تمت مناقشة المذكرة في: 2023/6/4

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

جامعة الوادي	رئيسا	د/ نورالدين رواحنة
جامعة الوادي	مناقشا	د/ جمال براني
جامعة الوادي	مؤطرا	د/البشير بن الصغير

السنة الجامعية: 2023/2022

إِهْدَاء

قال الله عز وجل (وأوفوا بالعهد إن العهد كان مسؤولاً)

الآية 34 سورة الإسراء

إلى سندي وقدوتي إلى حبيبي وقرّة عيني إلى الذي لطالما افتخرت بكوني ابنته وأحد أفراد عائلته، إلى من بدأت رحلتي معه هاأنا أكمل رحلتي مع دعائك وذكرياتك، فقيدي حان الآن دورك لتفتخر بي هاأنا الآن خريجة ماستر هندسة كيميائية. إلى **المجاهد الحاج مسعود شويرف** (ابتاه). رحمة الله تغمرك بقدري حبي لك رحمة الله عليك بقدر اشتياقي لك جعل الله قبرك نورا وضياء إلى يوم يبعثون...

وإلى من أحمل اسمه بكل فخر إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى **أبي الغالي "عبد الرزاق شويرف"**

إلى التي دثرتني بالدعاء في عجاف الليالي أُمي الغالية **"حياة عيشوش"**

إلى عائلتي أصدقائي وكل من أحب ...

إليكم أهدي تخرجي

هو ليس الهدف الأول ولا الأخير

لكنه الهدف الذي كابدت كل العناء لتحقيقه

فلك الحمد ربي كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك

أية الرحمان شويرف

إهداء

إلى من كان لي سنداً وعوناً عند الشدائد طوال عمري، إلى الرجل الأبرز في حياتي أبي العزيز

"شبرو عمار"

إلي ملاكي في الحياة قرّة عيني و اعز ما أملك، غاليتي سهرت و كانت معي في كل حالاتي و

ظروفي و ضغوطاتي إلى أمي الغالية

" بخاري الضاوية "

إلى آخر عنقود البيت إلى صاحب المقام الأقرب لقلبي إلى أخي الغالي

"شبرو عزيز"

إلى شريكة درب الطويل والطموح البعيد ... إلى أختي العزيزة

" أية الرحمان شويرف "

شبرو فاطمة الزهراء

إهداء

أحمد الله عزوجل على منه وعونه لإتمام هذه المذكرة،

إلى الذي وهبني كل مايملك حتى أحقق له آماله، إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل
المبتغى إلى الإنسان الذي إمتلك الإنسانية بكل قوة، إلى الذي سهر على تعليمي بتضحيات
جسام مترجمة في تقديسه للعلم، إلى مدرستي الأولى في الحياة،

أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره؛

إلى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء والحنان، إلى التي صبرت على كل شيء، التي رعتني حق
الرعاية وكانت سندي في الشدائد، وكانت دعواها لي بالتوفيق، تتبطني خطوة خطوة في عملي،
إلى من إرتحت كلما تذكرت إبتسامتها نبع الحنان أمني أعز ملاك على القلب والعين جزاها الله
عني خير الجزاء في الدارين؛ إليهما أهدي هذا العمل المتواضع لكي أدخل على قلبهما شيئا من
السعادة

إلى من قاسمني حلو الحياة ومرها إخوتي: موسى، صالح وداود. أخواتي: فتحية، آمنة، خولة،
يسرى، إنتصار

كما أهدي ثمرة جهدي لأستاذي الكريم الدكتور بشير بن الصغير الذي كلما تظلمت الطريق
أمامي لجأت إليه فأنارها لي وكلما دب اليأس في نفسي زرع فيا الأمل لأسير قدما وكلما سألت
عن معرفة زودني بها وكلما طلبت كمية من وقته الثمين وفره لي بالرغم من مسؤولياته المتعددة،
إلى كل أساتذة قسم هندسة الطرائق والبتروكيمياء،

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل

إهداء

إلى قدوتي الأولى ، ونبراسي الذي ينير دربي، إلى من أعطاني ولم يزل يعطيني بلا حدود ، إلى من رفعت رأسي عاليا افتخارا به (أبي العزيز أدامه الله ذخرا لي)

إلى التي رأني قلبها قبل عينيها ، وحضنتني أحشائها قبل يديها ، إلى شجرتي التي لا تذبل ، إلى الظل الذي أوي إليه في كل حين وأمي الحبيبة حفظها الله

إلى الشموع التي تنير لي الطريق (اخوتي واخواني)

إلى صديقتي الراحلة التي وقف الموت عائق على تخرجها

(حليمة هاشم)

أهديكم تخرجي

إهداء

إلى كل من علمني حرفاً في هذه الدنيا الفانية.

إلى روح أبي الزكية الطاهرة.

إلى أمي العزيزة الغالية التي ترمّت من أجلي.

إلى من علمنا مبادئ الإيمان والأخلاق وتعب لراحتنا وغرس فينا حب العلم والمعرفة

إلى زملائنا وإخواتنا والذين يحبوننا ونحبهم في الله .

نهدي هذا العمل المتواضع ثمرة جهد وعناء راجيين من المولى عز وجل أن يلهمنا القبول

والنجاح .

شكر و عرفان

ربي لك الحمد كما ينبغي لجلال وجهك و عظيم سلطانك ، اكرمتنا بنعمة العقل و يسرت لنا سبل العلم .الحمد لله الذي منحنا الصبر ووفقنا إلى إتمام هذا العمل، نتقدم أسمى آيات الشكر والإمتنان والتقدير والمحبة في حق من بدل معنا جهده وأفادنا بخبرته وعلمه الدكتور الفاضل **بن الصغير البشير** الذي أشرف على إنجاز هذا العمل، نشكره على مجهوداته ونصائحه القيمة وتوجيهاته السديدة التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا العمل كله فله منا فائق الشكر والتقدير.

كما أشكر أعضاء اللجنة المناقشة قبولها لمناقشة هذا العمل بداية برئيسها والمناقشين.

قائمة الرموز

الرمز	المعنى
QDs	النقاط الكمومية
CDs، C-dots ،CQDs	النقاط الكمومية الكربونية (نقاط الكربون الكمومية)
PL	انبعاث ضوئي (تألق ضوئي)
nm	نانومتر) وحدة لقياس الأطوال)
°C	وحدة قياس درجة الحرارة
A^0	أنقشتروم
D3	ثلاثي الأبعاد
σ	رابطة تساهمية (سيجما)
D2	ثنائي الأبعاد
D1	أحادي البعد
sp2	تهجين من نوع sp2
p	مدار p
C.I.F.E.C	مجلس الاتحاد الأوروبي لتحاديات الصناعة الكيميائية
CVD	طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية
MCF-7	اسم خط خلايا أورام الثدي (الاسم الأكثر استخداماً في مختبرات أبحاث سرطان الثدي)
LED	نوعية مصابيح
XRD	تقنية حيود الأشعة السينية
FTIR	التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء
UV-vis	التحليل الطيفي المرئي فوق بنفسجي
CV	الفولتميتر الدوري
XPS	التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية
TGA	التحليل الحراري الوزني
θ	زاوية الحيود
Bragg	قانون براج
$^{\circ}$	درجة
$D = k\lambda / \beta \cdot \cos\theta$	معادلة Scherer
D	حجم الحبيبة النانوية
k	ثابت عديم الوحدة غالباً ما يكون بحدود $k = 0.9$
λ	الطول الموجي (بوحددة النانومتر nm)
β	عرض القمة عند متوسط الارتفاع
cm-1	وحدة سنتمتر-1
ID / IG	نسبة الشدة للنطاقين D و G
FL	الإضاءة الموجدة باللون الأزرق
QYS	العائد الكمي لكبريتات الكينين
TEM	المجهر الإلكتروني النافذ
EDS	مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية

قائمة الرموز

الطول الموجي للإثارة	EW
المجهر الإلكتروني النافذ عالي الدقة	HR-TEM

الصفحات	الأشكال
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول الكربون	
6	الشكل (1-I) تصوير هيكل لنقط الكمومية كربونية
7	الشكل (2-I) هيكل الجرافيت
9	الشكل (3-I) (a) هيكل الجرافين حيث تظهر الشبكة السداسية ثنائية الأبعاد للكربون. (b) طبقات الجرافين المكدسة A-B-A (هيكل برنال) ، أي الجرافيت. (c) أسطوانة ملفوفة من الجرافين، أي الأنابيب النانوية الكربونية. (d) جزيء C ₆₀ في شكل كروي بعضها خماسي و السداسي في الشبكة المسماة الفوليرين
10	الشكل (4-I) البنية المسامية لكربون النشط
14	الشكل (5-I) رسم تخطيطي لطريقة التقشير الكيميائي
15	الشكل (6-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالاستئصال بالليزر
16	الشكل (7-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالموجات فوق الصوتية
16	الشكل (8-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالميكروويف
16	الشكل (9-I) رسم تخطيطي لطريقة المائبة الحرارية
18	الشكل (10-I) رسم تخطيطي لطريقة الحرارية بالمذيب Solvothermal
19	الشكل (11-I) رسم تخطيطي لطريقة الإنحلال الحراري (الكربنة).
19	الشكل (12-I) رسم تخطيطي لطريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية
الفصل الثاني: تقنيات توصيف الكربون الكوموي	
30	الشكل (1-II) رسم تخطيطي لتقنية حيود الأشعة السينية (XRD)
31	الشكل (2-II) طيف XRD لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من التمر الهندي
32	الشكل (3-II) (a) نمط من XRD من النقاط الكربون الكوموية مع المستوى (002) و (b) طائفة (001)
33	الشكل (4-II) طيف XRD لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من

قائمة الأشكال

	مستخلص الكيوي	
34	رسم تخطيطي لتقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)	الشكل (5-II)
35	التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون الناتجة عن العسل	الشكل (6-II)
36	التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون المحضرة من عصير الموز	الشكل (7-II)
37	طيف رامان لنقط الكربون الكمومية المحضرة من نشا البطاطس	الشكل (8-II)
38	أطياف رامان لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من عصير البرتقال	الشكل (9-II)
38	أطياف رامان التي تُظهر نطاقي D و G للنقاط الكمومية المركبة من الكربون وألواح الجرافين النانوية	الشكل (10-II)
40	الامتصاص نموذجي بالأشعة فوق البنفسجية لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من مستخلص توت (a) مع أطياف الامتصاص وأطياف PL (B و PL) أطياف لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من مستخلص التوت مع اختلاف أطوال موجات الإثارة	الشكل (11-II)
41	(a) يمثل الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية (أسود) وطيف شدة الانبعاث (أزرق) عند λ_{ex} من 360 نانومتر من نقاط الكربون المحضرة من التمر الهندي بينما يُظهر الشكل الداخلي صورة الأشعة فوق البنفسجية عن اثاره 365 نانومتر، (b) يمثل شدة الانبعاث عند أطوال موجات الإثارة المختلفة (260 ، 280 ، 300 ، 320 ، 340 ، 360 ، 380 ، 400 نانومتر)	الشكل (12-II)
43	(A) قياس الفولتميتر الدوري لورق الكربون (B) الأنايبب النانوية الكربونية الغير معالجة ، (C) والأنايبب النانوية الكربونية المعالجة في الأسيتونيتريل	الشكل (13-II)
43	التصوير الفولتموجرامى متعدد الدورات للتشتتات المائية التى	الشكل (14-II)

قائمة الأشكال

	تحتوي على 0.1mg/ml من نقاط الكربون الكوموية (A) (-2.0V) الى (0.5V) و (B) (-1.3V) الى (0.0V).	
44	طيف XPS لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من التمر الهندي	الشكل (15-II)
45	طيف XPS لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من العسل	الشكل (16-II)
47	تحليلات TGA للنقاط الكربون الكوموية المركبة باستخدام مستخلص قشرة لسمك سنتروبيج بيسبينوزا (<i>bispinosa</i> <i>Centropyge bispinosa</i>)	الشكل (17-II)

الصفحات	الأشكال
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول الكربون	
6	الشكل (1-I) تصوير هيكل لنقط الكمومية كربونية
7	الشكل (2-I) هيكل الجرافيت
9	الشكل (3-I) (a) هيكل الجرافين حيث تظهر الشبكة السداسية ثنائية الأبعاد للكربون. (b) طبقات الجرافين المكدسة A-B-A (هيكل برنال) ، أي الجرافيت. (c) أسطوانة ملفوفة من الجرافين، أي الأنابيب النانوية الكربونية. (d) جزيء C ₆₀ في شكل كروي بعضها خماسي و السداسي في الشبكة المسماة الفوليرين
10	الشكل (4-I) البنية المسامية لكربون النشط
14	الشكل (5-I) رسم تخطيطي لطريقة التقشير الكيميائي
15	الشكل (6-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالاستئصال بالليزر
16	الشكل (7-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالموجات فوق الصوتية
16	الشكل (8-I) رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالميكروويف
16	الشكل (9-I) رسم تخطيطي لطريقة المائبة الحرارية
18	الشكل (10-I) رسم تخطيطي لطريقة الحرارية بالمذيب Solvothermal
19	الشكل (11-I) رسم تخطيطي لطريقة الإنحلال الحراري (الكربنة).
19	الشكل (12-I) رسم تخطيطي لطريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية
الفصل الثاني: تقنيات توصيف الكربون الكمومي	
30	الشكل (1-II) رسم تخطيطي لتقنية حيود الأشعة السينية (XRD)
31	الشكل (2-II) طيف XRD لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من التمر الهندي
32	الشكل (3-II) (a) نمط من XRD من النقاط الكربون الكمومية مع المستوى (002) و (b) طائفة (001)
33	الشكل (4-II) طيف XRD لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من

قائمة الأشكال

	مستخلص الكيوي	
34	رسم تخطيطي لتقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)	الشكل (5-II)
35	التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون الناتجة عن العسل	الشكل (6-II)
36	التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون المحضرة من عصير الموز	الشكل (7-II)
37	طيف رامان لنقط الكربون الكمومية المحضرة من نشا البطاطس	الشكل (8-II)
38	أطياف رامان لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من عصير البرتقال	الشكل (9-II)
38	أطياف رامان التي تُظهر نطاقي D و G للنقاط الكمومية المركبة من الكربون وألواح الجرافين النانوية	الشكل (10-II)
40	الامتصاص نموذجي بالأشعة فوق البنفسجية لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من مستخلص توت (a) مع أطياف الامتصاص وأطياف PL (B و PL) أطياف لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من مستخلص التوت مع اختلاف أطوال موجات الإثارة	الشكل (11-II)
41	(a) يمثل الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية (أسود) وطيف شدة الانبعاث (أزرق) عند λ_{ex} من 360 نانومتر من نقاط الكربون المحضرة من التمر الهندي بينما يُظهر الشكل الداخلي صورة الأشعة فوق البنفسجية عن إثارة 365 نانومتر، (b) يمثل شدة الانبعاث عند أطوال موجات الإثارة المختلفة (260 ، 280 ، 300 ، 320 ، 340 ، 360 ، 380 ، 400 نانومتر)	الشكل (12-II)
43	(A) قياس الفولتميتر الدوري لورق الكربون (B) الأنايبب النانوية الكربونية الغير معالجة ، (C) والأنايبب النانوية الكربونية المعالجة في الأسيتونيتريل	الشكل (13-II)
43	التصوير الفولتموجرامى متعدد الدورات للتشتتات المائية التي	الشكل (14-II)

قائمة الأشكال

	تحتوي على 0.1mg/ml من نقاط الكربون الكوموية (A) (-2.0V) الى (0.5V) و (B) (-1.3V) الى (0.0V).	
44	طيف XPS لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من التمر الهندي	الشكل (15-II)
45	طيف XPS لنقاط الكربون الكوموية المحضرة من العسل	الشكل (16-II)
47	تحليلات TGA للنقاط الكربون الكوموية المركبة باستخدام مستخلص قشرة لسمك سنتروبيج بيسبينوزا (<i>bispinosa</i> <i>Centropyge bispinosa</i>)	الشكل (17-II)

العنوان الصفحة	
الإهداء	
التشكرات	
قائمة الرموز	
قائمة الأشكال	
قائمة الجداول	
الفهرس	
1	المقدمة العامة
الجزء النظري	
الفصل الأول عموميات حول الكربون	
5	1.1. النقاط الكمومية
6	2.1. تعريف النقاط الكربون الكمومية
7	3.1. تعريف الغرافيت
7	4.1. تعريف الغرافين
9	5.1. تعريف الكربون النشط
10	5.1. مصادر نقاط الكربون الكمومية
11	6.1. خصائص نقاط الكمية الكربونية (CQDs)
13	7.1. طرق توليف نقاط الكربون الكمومية
13	1.7.1. الطرق التنازلية (النهج التنازلي)
12	1.1.7.1. التقشير الكيميائي
14	2.1.7.1. الاستئصال بالليزر
15	3.1.7.1. الموجات فوق الصوتية
16	2.7.1. الطرق التصاعدية (النهج التصاعدي)
16	1.2.7.1. الميكروويف
17	2.2.7.1. الطريقة المائية الحرارية
17	4.2.7.1. الطريقة الحرارية بالمذيب Solvothermal
18	4.2.7.1. الإنحلال الحراري / الكربنة
19	5.2.7.1. ترسيب الأبخرة الكيميائية
20	8.1. تطبيقات نقاط الكربون الكمومية
20	1.8.1. التصوير الحيوي
21	2.8.1. الإستشعار

21	3.8.I الطاقة
22	4.8.I الإلكترونات الضوئية
	مراجع الفصل الأول
الفصل الثاني تقنيات توصيف الكربون الكمومي	
30	II. تقنيات التوصيف للنقاط الكمية الكربون
30	1.II. حيود الأشعة السينية (XRD)
33	2.II. التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)
36	3.II. مطياف رامان لتحليل التركيب الكيميائي والترابط لنقاط الكم الكربونية
39	4.II. التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية
42	5.II. تقنيات التوصيف الكهربائية مثل قياس الفولتمتر الدوري والتحليل الطيفي للمقاومة
42	1.5.II. قياس الفولتمتر الدوري
44	2.5.II. التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS)
45	6.II. التحليل الحراري الوزني (TGA)
الفصل الثالث: دراسات سابقة	
53	1.III. الدراسة الأولى: Green synthesis of highly fluorescent carbon quantum dots from sugarcane bagasse pulp
54	2.III. الدراسة الثانية: Green synthesis of carbon quantum dots from lemon applications in sensing and photocatalysis: peel waste
557	3.III. الدراسة الثالثة: Facile green synthesis of carbon quantum dots and biomass-derived activated carbon from banana peels: synthesis and investigation
57	4.III. الدراسة الرابعة: Carbon dots production via pyrolysis of sago waste as potential probe for metal ions sensing
58	5.III. الدراسة الخامسة: Green preparation of fluorescent carbon dots from lychee seed and its application for selective detection of methylene blue and imaging in living cells
60	6.III. الدراسة السادسة: Green synthesis of stable and biocompatible fluorescent carbon dots from peanut shell for multicolor living cell imaging
61	7.III. الدراسة السابعة: Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source
63	8.III. الدراسة الثامنة: Synthesis of carbon quantum dots from apple juice and graphite: investigation of fluorescence and structural properties and use as an electrochemical sensor for measuring Letrozole
64	9.III. الدراسة التاسعة: Crown daisy leaf waste-derived carbon dots

	: A simple and green fluorescent probe for copper ion
65	Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging : الدراسة العاشرة : 10.III
70	الخاتمة العامة

المقدمة:

علم النانو وتكنولوجيا النانو هي مجالات مثيرة للبحث والتطوير، مع تطبيقات واسعة كصناعة الأجهزة الإلكترونية والبصرية والمغناطيسية والبيولوجيا والطب والطاقة. الخ، من بينها المواد النانوية الكربونية التي تشمل أنابيب الكربون وصفائح الجرافين والماس النانوي و الفوليرينات و نقاط الكربون الكمومية، حيث أكتشفت هذه الأخيرة من طرف الباحث شو وزملائه *Xu et al* صدفة أثناء القيام بعملية تنقية لأنابيب الكربون أحادية الجدار سنة 2004 [1].

حظي هذا الأخير باهتمام بحثي متزايد نظرا لخصائصها البصرية الفريدة وتوافقها الحيوي وقابليتها العالية في الانحلال في الماء. يتم توليف نقاط الكربون الكمومية من مواد تحتوي في تركيبها على نسب مرتفعة من الكربون مثل نفايات الكتلة الحيوية و التي تشمل المخلفات الزراعية و نفايات الطعام كقشور البرتقال و الفراولة والأرز، كل هذه المصادر عبارة عن مصادر متجددة و صديقة للبيئة. من الطرق المستعملة لتوليفه من بينها الطرق التنانولية التي تضمنت طريقة التقشير الكيميائي، طريقة الاستئصال بالليزر، و طريقة التوليف بواسطة الموجات فوق الصوتية أما الطرق التصاعدية شملت تقنية التوليف بواسطة الميكروويف و الطريقة المائية الحرارية و الطريقة الحرارية بالمذيب و طريقة الانحلال الحراري (الكربنة)، وترسيب الأبخرة الكيميائية ...

كما تمتلك نقاط الكربون العديد من التطبيقات الواعدة مثل التصوير الحيوي، حيث أستخدمت نقاط الكربون لكشف عن بعض الخلايا السرطانية من طرف كاو وزملائه كما استخدمت أيضا في مجالات الطاقة كتعزيز الطاقة و تعزيز امتصاص الضوء في الخلايا الشمسية وغيرها.

و نظرا لأهمية النقاط الكربون الكمومية، ارتأينا في هذه الدراسة إلى إعطاء حوصلة على ما تضمنته آخر الدراسات التي قام بها الباحثون مؤخرا، و قد قسمنا هذه المذكرة إلى ثلاث فصول:

❖ الفصل الأول: عموميات حول الكربون .

❖ الفصل الثاني: تقنيات توصيف الكربون الكومومي .

❖ الفصل الثالث: دراسات سابقة.

في الأخير كخاتمة لمراجعة نظرية (لمواضع نظري) توصلنا إلى أهمية توليف نقاط الكربون من الكتلة الحيوية مع استغلال نفايات مخلفات الزراعية وتحويلها بعدة طرق الى مواد نانوية ذات أهمية بالغة بأقل التكاليف .

المراجع

المراجع بالأجنبية:

- [1] X. Xu, R. Ray, Y. Gu, H.J. Ploehn, L. Gearheart, K. Raker, W.A. Scrivens, Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments, Journal of the American Chemical Society, 126 (2004) 12736-12737.

الفصل الاول:

احسوبيات كورال انكسريو

1.I. النقاط الكمومية:

النقاط الكمومية هي أشباه موصلات صغيرة الحجم (2-10nm) تتكون من 100-10000 ذرة، أطلقنا عليها اسم (الذرات الإصطناعية)، هذه البلورات النانوية شبه الموصلة بقطر نانومتر لها خصائص كمية تمكننا من معرفة تأثيرها البصري والكهرومغناطيسي بواسطة الكم^[1].

تُظهر النقاط الكمومية QDs خصائص بصرية فريدة للحجم بسبب التغيرات في طاقة فجوة النطاق الناتجة عن تأثيرات الحبس الكمي، عندما يتم امتصاص الضوء بواسطة النقاط الكمومية، تتحمس الإلكترونات من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل تترك فجوة في نطاق التكافؤ، عندما يتحد الإلكترون والثقب، والطاقة المنبعثة في شكل فوتون^[2]. الحبس الكمي: الحصر المكاني لأزواج ثقب الإلكترون (الإكسيتونات) في واحد أو أكثر من الأبعاد داخل مادة ما، بسبب قصر وظيفة الموجة الإلكترونية على الأبعاد المادية للجسيمات^[3].

هناك حصر ثلاثي الأبعاد:

Quantum Wells الحصر أحادي الأبعاد: آبار الكم

Quantum Wire الحصر ثنائي الأبعاد: سلك الكم

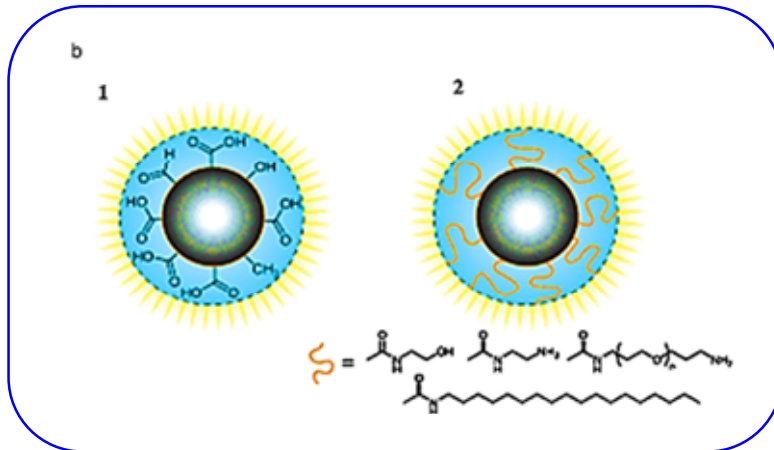
Quantum Dot الحصر ثلاثي الأبعاد: النقطة الكمية

في المعدن، يتداخل المعدن بين التوصيل ونطاق التكافؤ، لذلك لا توجد فجوة في النطاق وبالتالي تكون تأثيرات الحجم الكمي أقل انتشارًا، في النقاط الكمومية يكون الحبس الكمي أكثر بروزًا لأن لديهم فجوة في الطاقة. عند الوصول إلى الجسيمات لتحديد الطول الموجي للإلكترونات، تصبح أزواج الثقوب الإلكترونية محصورة مكانيًا، وبالتالي فإن الطاقة بين نطاقات الطاقة سوف تزداد مع تناقص حجم الجسيمات^[4].

2.I. تعريف النقاط الكربون الكمومية:

و تُعرّف النقاط الكمومية الكربونية (CQDs) بأنها كربون صغير الجسيمات النانوية **الشكل (1-I)** مع ميزات بارزة مثل الموصلية، الإستقرار الكيميائي العالي، صديقة للبيئة، امتصاص بصري واسع النطاق، سمية منخفضة، انبعاث ضوئي قوي (PL) وخصائص بصرية، كما يسهل توليفها على نطاق واسع بتكلفة منخفضة [5].

تحتوي هذه النقاط على جذور كربوكسيلية موجودة على سطح CQD تمنحها قابلية ذوبان كبيرة في الماء وتوافق حيوي [6، 17]. تم اكتشافها لأول مرة بواسطة *Xu et al* في عام 2004 عن طريق الصدفة أثناء عملية تنقية الأنابيب النانوية الكربونية أحادية الجدار [6].



الشكل (1-I): تصوير هيكلي لنقط الكمومية كربونية [8].

النقاط الكمومية (CQDs أو C-dots أو CDs) بشكل عام جسيمات نانوية صغيرة من الكربون (أقل من 10 nm)، تنقسم نقاط الكربون الكمومية الى عدة أقسام (على أساس بنيتها) منها [9، 10] :

✓ نقاط الكربون الغرافينية.

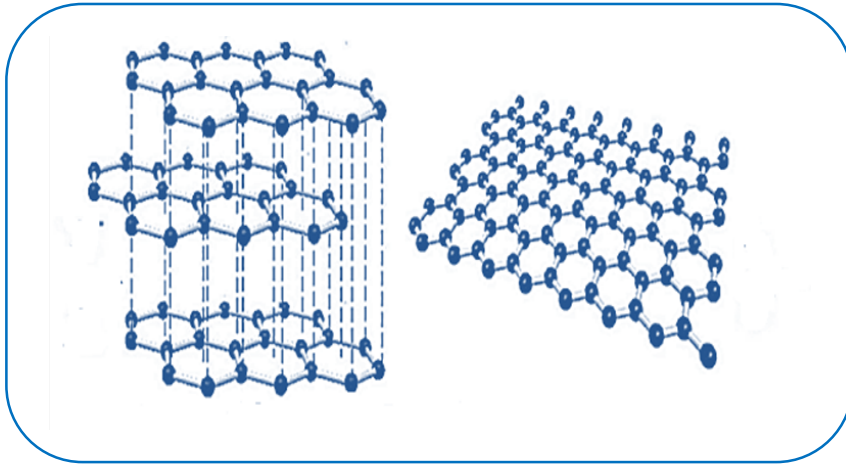
✓ نقاط الكربون الكمومية.

✓ النقاط البوليميرية.

3.I. تعريف الجرافيت:

الجرافيت - مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية "graphein"، وهو أحد المواد الكربونية الصلبة التي تتكون بشكل حصري من عناصر الكربون الفردية [11]، يحتوي الجرافيت على هيكل رقائق مع كل مستوى فضائي 0.334nm على شكل سداسي من ذرات الكربون، يمنح هيكله الرقائقي خصائص إلكترونية وميكانيكية فريدة [12]، كما يوجد عدة أشكال للجرافيت، يتكون هذا الأخير من أربع ذرات ومعلماتها a و c على التوالي 2.46Å و 6.71Å. جميع ذراتها ثلاثية التكافؤ مع تهجين من النوع sp^2 وزاوية رابطة تبلغ $120^\circ C$ [13، 14].

يعرف الجرافيت و الكربون منشأ لتكون الماس كما هو موضح في الشكل (2-I)، ويكون في هذه الحالة ثلاثي الأبعاد (D3) ذات طبقات تقارن فيها كل طبقة بشكل ضعيف ببعضها البعض، كل من هذه الطبقات تسمى الجرافين [15].



الشكل (2-I): هيكل الجرافيت [16].

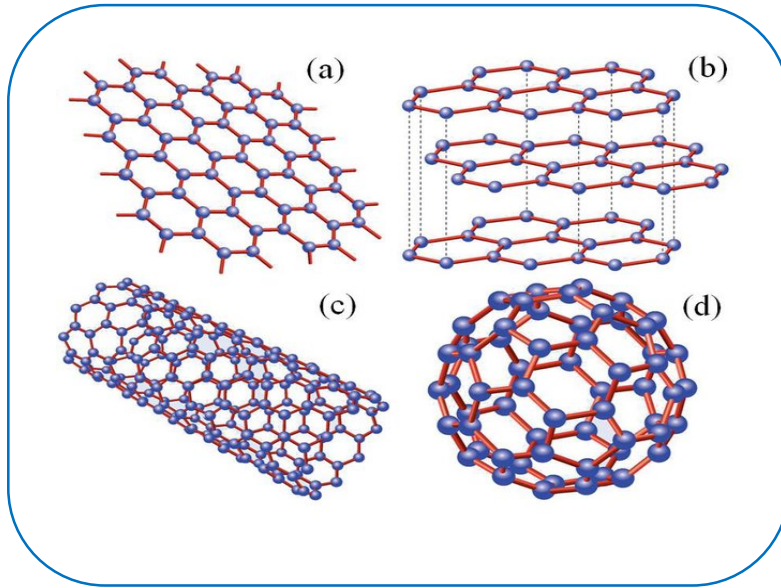
4.I. تعريف الجرافين:

عبارة عن بلورة تتكون من مستوى بسيط من ذرات الكربون موزعة بانتظام على شبكة سداسية الشكل، إنه يشكل لبنة بناء العديد من الأشكال الأخرى للكربون [17]، يمتلك طبقة رقيقة ثنائية الأبعاد المكونة من ذرات الكربون النقية، كما له مزايا استثنائية تجعله محط اهتمام الباحثين والصناعيين [18]،

ويعتبر الجرافين ذو مستوى ذري سميك مقارنة بالجرافيت^[19]، كما يتكون من ذرات الكربون مرتبة في شبكة على شكل سداسي بلوري ثنائية الأبعاد منظم ببعضه البعض بواسطة روابط تساهمية σ . تحتوي كل وحدة من الجرافين على ذرتين ذات أبعاد A و B تقعان على المسافة من $aC-C = 1.42 \text{ \AA}$.

الجرافين عبارة عن طبقة واحدة من ذرات الكربون ثنائية الأبعاد (D2)، مكونة من حلقات بنزين بدون ذرات الهيدروجين الخاصة بها، مثل الفوليرين أو كرات بوكي (D0) والأنابيب النانوية الكربونية (D1) وكما ذكرنا الجرافيت (ثلاثي الأبعاد) انظر الشكل (3-I).

في عام 2004، نجحت مجموعة أندريه جيم "Andre Geim's group" في جامعة مانشستر في إنجلترا في عزل طبقة واحدة من الجرافين بنجاح من أجل التحقيق من خصائص النقل لأول مرة. يمكن وصف الجرافين بشكل مثالي على أنه أكثر المواد الإلكترونية ثنائية الأبعاد (D2) في الطبيعة، حيث إنها بالضبط ذرية أحادية الطبقة و تكون سمكية، تحوي كل ذرة كربون داخل حلقة سداسية على ثلاث روابط مع أقرب ثلاثة ذرات لها في تكوين sp^2 ، لهذا تشكل شريطاً سميكاً، يكون المدار p الآخر متعامد على الهيكل المستوي ويمكن أن يرتبط تساهمياً مع ذرات الكربون المجاورة، مما يؤدي إلى تكوين نطاق π ، والذي يكون نصفه ممتلئاً لأن كل مدار p به إلكترون إضافي واحد^[20, 21].



الشكل (3-1): (a) هيكل الجرافين D2 و (b) طبقات الجرافين المكسدة A-B-A (هيكل برنال)

، أي الجرافيت و (c) الأنابيب النانوية الكربونية . (d) جزيء C_{60} في شكل كروي بعضها خماسي و

السداسي في الشبكة المسماة الفوليرين [22, 23].

5.1. تعريف الكربون النشط:

يعرف المجلس الأوروبي الاتحاديات الصناعة الكيميائية (C.I.F.E.C) الكربون النشط بأنه مواد

كربونية ذات بنية مسامية الشكل (4-1) تعطي مساحة احتكاك داخلية كبيرة، هذه المواد قادرة على امتزاز

مركبات عديدة على سطحها الداخلي [24].

يتكون الكربون النشط من حلقات سداسية من الكربون الغير منتظمة (موضوعة في ترتيب

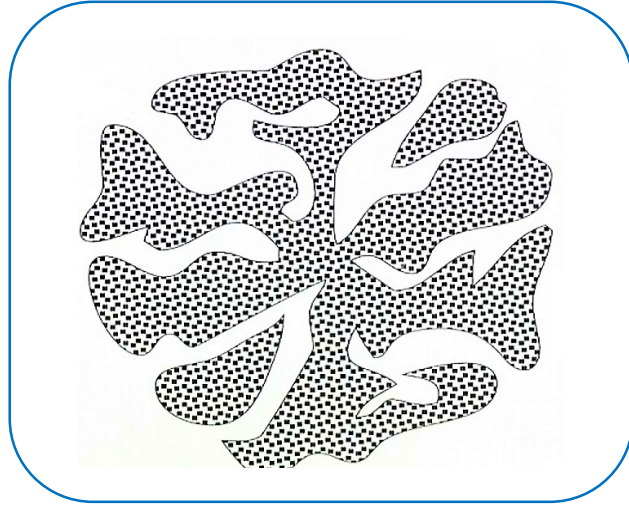
عشوائي) وغير متكاملة خاصة على الحواف، يمنحها هيكلها بعض الخصائص المميزة فعلى سبيل

المثال عشوائية توزيع حلقات الكربون النشط تؤدي إلى تواجد ثقب وفجوات متنوعة في الحجم ومتفاوتة

في الشكل مما يجعلها ذات بنية مسامية فريدة [25]، يتشابه التركيب الجزيئي والبلوري لكل من الكربون

النشط والجرافيت من حيث عدد الطبقات إذ أن كل طبقة بحد ذاتها مكونة من حلقات سداسية مندمجة مع

بعضها والمسافة بين طبقة وأخرى تتراوح $(3.35\text{Å} - 3.34\text{Å})$ [25].



الشكل (4-I): البنية المسامية لكربون النشط

6.I. مصادر نقاط الكربون الكمومية:

يتم الحصول على الكربون الكمومي من مواد التي تحتوي على نسب عالية من الكربون مثل الفحم وكوك البترول^[28-26] ومن المواد الكربونية الناتجة عن نفايات الكتلة الحيوية^[29, 30] (المخلفات الزراعية، نفايات الطعام، النفايات الصلبة،.... إلخ) وهي مصادر متجدد و صديقة للبيئة حيث تحتوي على نسب عالية من الكربون تصل إلى حدود 45%-55% بالوزن^[31, 32]؛ يتم استخدام أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية مثل أوراق النباتات المختلفة، والعشب ، وقشور الأرز، وحبوب القهوة ، وفحم الخشب لإنتاج GQDs^[33, 34]. كذلك عصائر الفاكهة المختلفة والعديد من المواد الغذائية و **الجدول (1.I)** يلخص بعض المصادر^[31].

الجدول (1.I): بعض المصادر الطبيعية للكربون الكومومي.

المرجع	المردود	مصدر الكربون
[35]	%30.6	الشيتوزان (<i>Chitosan</i>)
[36]	% 98	لجسرين والسيرين (<i>Glycerin , serine</i>)
[37]	%6.9	قشر بوميلو (<i>Citrus maxima</i>)
[38]	%46.2	عصير الفراولة (<i>Fragaria x ananassa</i>)
[39]	%2.88	قشرة البرتقال (<i>Citrus sinensis</i>)
[40]	%16.5	الملفوف المهروس (<i>.Brassica oleracea var</i>)
[41]	% 14	قشر البيض (<i>Ovum</i>)
[42]	%4.3	شاي اخضر (<i>Camellia Sinensis</i>)
[43]	%8.02	بذور السمسم (<i>Sesamum indicum</i>)
[44]	%1.8	حمص محمص (<i>Cicer arietinum</i>)
[42]	%3.8	بقايا القهوة (<i>Coffea</i>)
[45]	%10.6	عصير البطيخ (<i>Citrullus lanatus</i>)
[46]	%7.1	قشور البطيخ (<i>cucumis melo</i>)
[47]	%8.59	عصير الموز (<i>Musa</i>)
[48]	%3.2	تبغ الغليون (<i>Nicotiana</i>)
[49]	%7.7	دقيق الذرة (<i>Zea mays</i>)
[50]	%5.4	الطحين (<i>Triticum aestivun</i>)

7.I. خصائص نقاط الكمية الكربونية (CQDs):

تتميز نقاط الكربون الكومومية بميزات جيدة مثل الموصلية، الإستقرار الكيميائي العالي، صديقة

للبيئة، وامتصاص بصرية، وسمية منخفضة، وتألّق ضوئي قوي (PL)، وأيضا مساحة سطح واسعة

والعمر طويل^[31]. وقابلة للتشتت في عدد من المذيبات^[8], 51-53].

✓ **الموصلية الجيدة** : وذلك راجع لإمكانية تكثيف النقاط الكربونية الكمومية من جزيئات عضوية صغيرة^[54، 55].

✓ **قابلية الذوبان في الماء** : تحتوي نقاط الكربون الكمومية على روابط سطحية (أطراف خارجية محبة للماء) تمنحها خاصية الذوبان في الماء^[34، 54، 56] ، تحتوي نقاط الكربون الكمومية على عدة مجموعات وظيفية من بينها الأمينات، اللدان والإثير والكربونيل والهيدروكسيل وحمض الكربوكسيل على سطحها^[57]. تؤدي المجموعات الوظيفية السطحية للنقاط الكربون إلى قابليتها العالية لذوبان في الماء^[58-61].

✓ **امتصاص البصري**: نقاط الكربون الكمومية المحضرة من سلائف المختلفة لها أطيايف امتصاص مختلفة في المذيبات المختلفة. تتراوح ذروة امتصاص في منطقة الأشعة من 260 nm إلى 320nm^[62-67]. حيث يمتد ذيل إلى المنطقة المرئية بشكل عام، حيث تم التوصل بوضوح إلى ان ذروة امتصاص في نطاق الطول الموجي من 220 nm ~ 270nm. تنتقل الإلكترونات من المدار إلى روابط C=N. تُعزى ذروة الامتصاص الموجودة في المنطقة من 280 nm ~ 350nm إلى التحولات الإلكترونية من روابط C-O أو C=O إلى π^* ^[68]. يُعزى الطول الموجي لذروة الامتصاص الموجود في النطاق من 350 nm إلى 600nm إلى انتقالات الإلكترون للمجموعات الوظيفية السطحية نقاط الكربون الكمومية، مما يشير إلى أن الشقوق الكيميائية السطحية قد تساهم في الامتصاص في المناطق المرئية للأشعة فوق البنفسجية. تشير بعض الدراسات إلى أن قمم امتصاص نقاط الكربون الكمومية تتحول إلى اللون الأحمر بعد معالجة المجموعات الوظيفية السطحية أو تعديل أحجامها^[69]. حتى بعض النقاط الكربون الكمومية الخاصة تظهر نطاقات امتصاص طويلة الموجة من 600 nm ~ 800 nm.

8.I. طرق توليف نقاط الكربون الكمومية:

تم اقتراح طرق مختلفة لتصنيع نقاط الكربون الكمومي للحصول عليه بخصائص جيدة بغية تطبيقه في عدة مجالات. بشكل عام، يتم تصنيف هذا التوليف من و إلى "من أعلى إلى أسفل" و "من أسفل إلى أعلى". تشمل هذه الطرق التحضير بواسطة الموجات فوق الصوتية والتقسير الكيميائي والأكسدة الكهروكيميائية والاستئصال بالليزر...

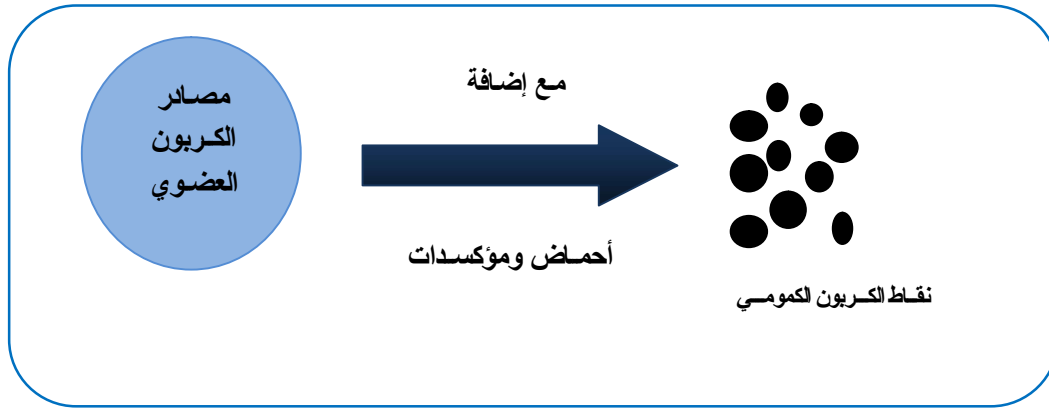
تعمل الطرق التنازلية و التي تتطلب عموماً وقت معالجة طويلة نظراً لظروفها القاسية ومواد ومعدات باهظة الثمن [20-22]. على عكس الطرق التصاعدية، يتم إنتاج النقاط الكمومية الكربونية عن طريق بلمرة السلائف الجزيئية، مثل الجلوكوز والسكروز وحمض الستريك، من خلال الانحلال الحراري بالميكروويف، والتفاعلات الحرارية المذابة، معالجة البلازما وترسب البخار الكيميائي والتي تظهر عيوباً أقل وقدرة عالية في التحكم [31، 70، 71].

1.8.I. الطرق التنازلية (النهج التنازلي):**1.1.8.I. التقشير الكيميائي :**

تعد هذه الطريقة من أبسط الطرق الكيميائية لإنتاج نقاط الكربون الكمومية ذات جودة عالية و بدون أجهزة معقدة و تعتمد هذه الطريقة على أحماض قوية أو عوامل مؤكسدة.

تم تصنيع نقاط الكربون الكمومية لأول مرة من طرف Maonad وزملاء في عام 2007 من السخام الشمعي (candle soot) بأحجام مختلفة باستخدام حمض النيتريك HNO_3 تحت درجة حرارة عالية نسبياً [72]. بعد فترة زمنية قام الباحث Peng و آخرون بتحضير GQDs من خلال تقشير كيميائي لألياف الكربون بواسطة حمض الكبريتيك H_2SO_4 و حمض النيتريك HNO_3 [69] من خلال أحجام مختلفة حيث أظهرت انبعاث PL الأصفر والأخضر والأزرق تحت درجات حرارة تقليب مختلفة، مما يظهر التحضير الناجح لنقاط الكربون الكمومي. ومع ذلك، فهي عملية شاقة لزيادة تنقية المنتج عن

طريق إزالة الفائض من حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، مما يزيد من تكلفة التوليف الإجمالية [73]. تم أيضا استخدام العديد من المؤكسدات القوية أيضًا في تحضير النقاط الكمومية للكربون مثل أيونات Fe^{3+} و $KMnO_4$ و $W_{18}O_{49}$ مع H_2O_2 . بالمقارنة مع العوامل المؤكسدة ذات الأساس الحمضي، فإن المزيد من التنقية ليس ضروريًا عند استخدام مؤكسدات خفيفة في عملية تخليق GQDs. يمكن تطبيق GQDs المعدة بشكل مباشر في مجال التصوير الحيوي، مما يشير إلى أن الإستراتيجية الخالية من الأحماض بسيطة وصديقة للبيئة [74].

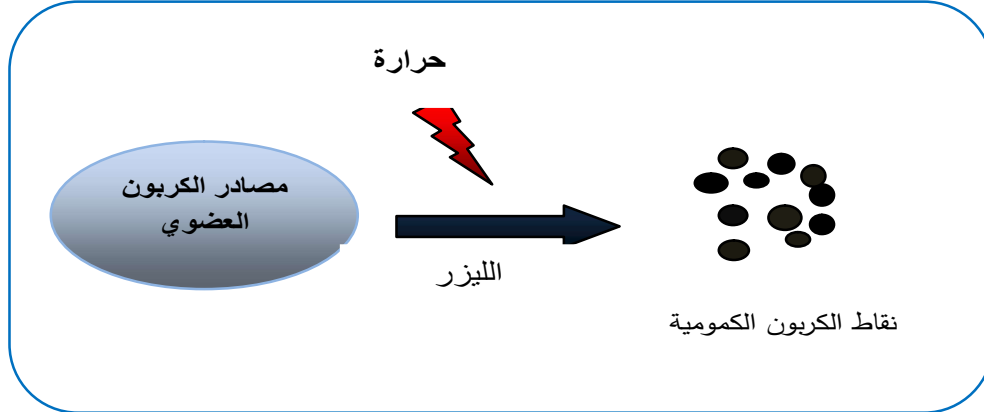


الشكل (5-1): رسم تخطيطي لطريقة التقشير الكيميائي.

2.1.8.I. الاستئصال بالليزر:

هي عبارة عن طريقة تحضير فريدة وبسيطة طبقتها اول مرة Sun وآخرون من خلال تحضير الكربون الكمومي من الجرافيت [9]، كما تم تحضيره من قبل Li وآخرون في شروط (تألق ضوئي مرئي، مستقر، قابل للضبط) وذلك عن طريق التخميل السريع بالليزر لجزيئات الكربون، تم اثبات أن التخميل بواسطة إشعاع الليزر له تأثير مهم على أصل تألق الضوئي [75]. كما اقترح الباحث Hu وآخرون طريقة سهلة وبسيطة لتجميع جزيئات الكربون الكمومي النانوية الفلورية عن طريق الإستئصال بالليزر لتعليق مساحيق الكربون في مذيب عضوي [76]. يتم التحكم في انبعاثات التألق الضوئي وذلك من

خلال تغيير مجموعات الوظيفية السطحية لنقاط الكربون الكمومي عن طريق اختيار المذيبات المناسبة^[77].

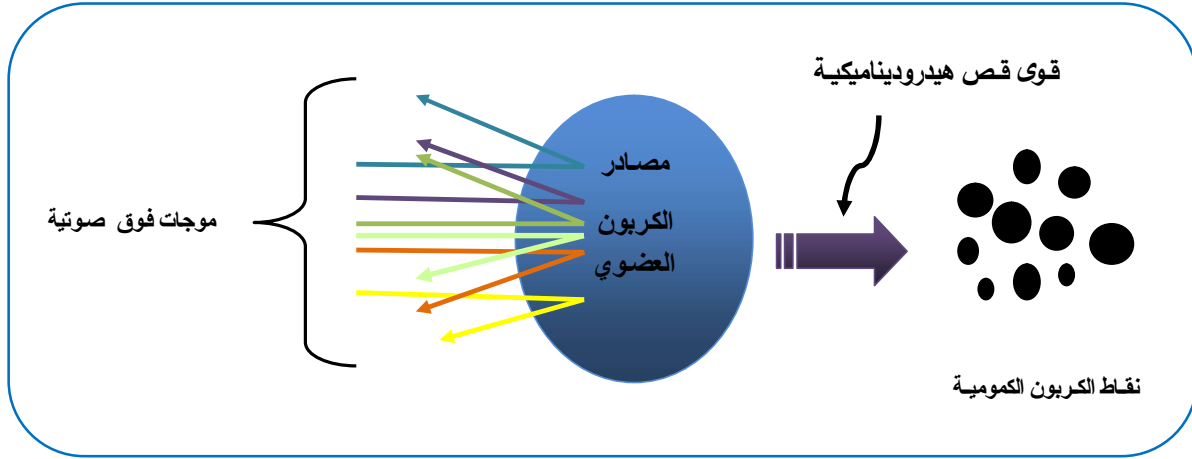


الشكل (6-I): هياكل تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالاستئصال بالليزر.

3.1.8.I. الموجات فوق الصوتية:

توليف نقاط الكربون كمومية بمساعدة الموجات فوق صوتية لها عدة مزايا (بسيطة وغير مكلفة)، حيث يتم تقطيع مواد التي تحتوي على الكربون وذلك بواسطة قوى قص الهيدروديناميكية القوية. بشكل عام أعد الباحثون نقاط الكربون الكمومية بخصائص مختلفة ببساطة عن طريق تعديل قوة الموجات فوق الصوتية ووقت التفاعل ونسبة مصادر الكربون والمذيبات^[78].

حيث أعدا Zhuo وآخرون الكربون الكمومي وذلك عن طريق تقشير الغرافين بواسطة الموجات فوق صوتية^[78]، منذ ذلك الحين تم اعتمد طريقة العلاج بمساعدة الموجات فوق لتوليف نقاط الكربون الكمومي من عدة مواد من بينها الجرافيت والياف الكربون في محلول مائي أو مذيبات عضوية^[79].

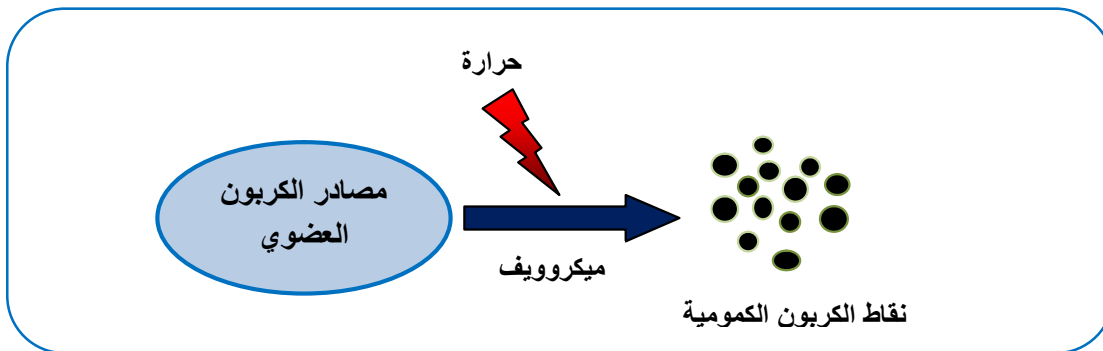


الشكل (8-I): رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالموجات فوق الصوتية.

2.8.I. الطرق التصاعدية (النهج التصاعدي):

1.2.8.I. الميكروويف:

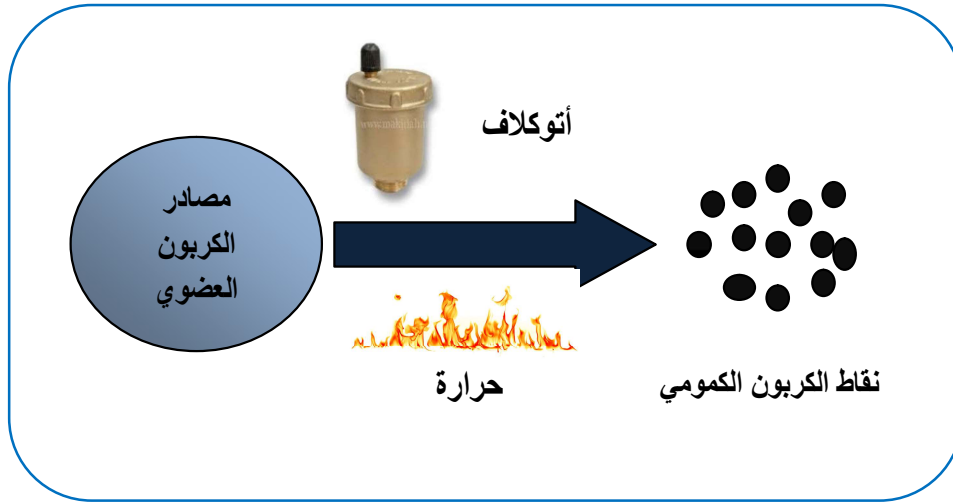
هي طريقة فعالة تستخدم لتوليف نقاط الكربون الكمومية في وقت قصير بمساعدة الميكروويف. يوفر إشعاع الميكروويف حرارة موحدة لتكوين نقاط الكربون الكمومية، وتحت ظروف حمضية لأول مرة من طرف Li وآخرون^[80]. كما توصل وانغ وزملائه لطريقة بسيطة باستخدام وعاء واحد بمساعدة الميكروويف لتصنيع نقاط الكربون الكمومية القابلة للذوبان في الماء من أغشية قشر البيض الغنية بالبروتين، وفي عمل آخر تم الحصول على نقاط الكربون الكمومية من أوراق المانجو الشائع (الهندي) عن طريق الميكروويف^[81].



الشكل (9-I): رسم تخطيطي لطريقة توليف نقاط الكربون بالميكروويف.

2.2.8.I. الطريقة المائية الحرارية:

تتميز الطريقة المائية الحرارية لإنتاج نقاط الكربون الكمومية بمزايا التكلفة المنخفضة والسمية المنخفضة وهي طريقة بسيطة بالمقارنة مع الطرق الأخرى. بشكل عام، وضع محلول مائي من المخاليط في فرن وتفاعل حرارياً مائياً عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية [82-85]، حيث توصل Pan وآخرون للتحضير الأخضر للنقاط الكربون الكمومية الزرقاء بواسطة المعالجة الحرارية المائية و قام كذلك Mehta وآخرون بإنتاج نقاط الكربون الكمومية من قشر البوميلو (*Saccharum officinarum juice*) القابلة للذوبان في الماء مشتق من عصير السكر [86، 87].

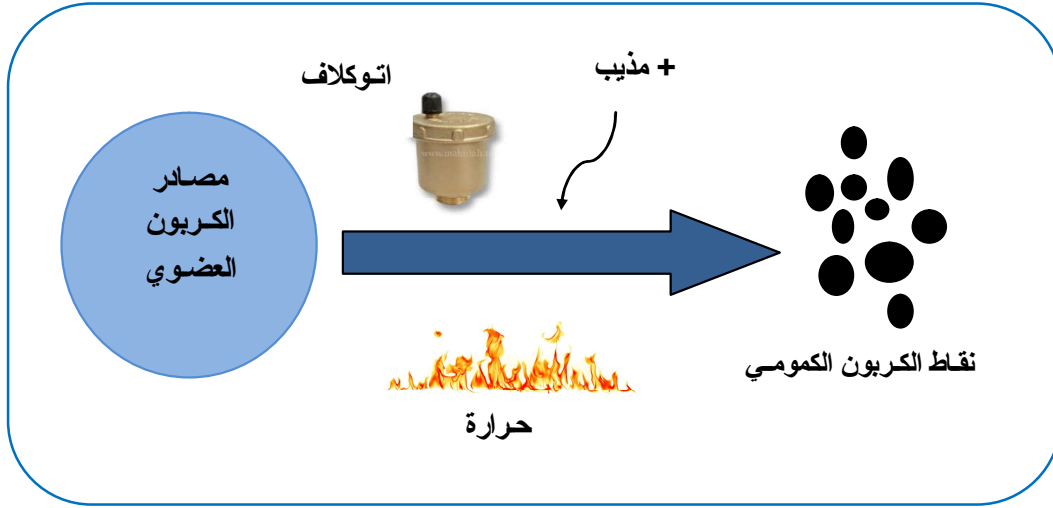


الشكل (10-I): رسم تخطيطي لطريقة المائية الحرارية.

4.2.8.I. الطريقة الحرارية بالمذيب Solvothermal

تعتمد هذه الطريقة لتحضير نقاط الكربون الكمومية حيث يتم استبدال محلول الماء بمذيب واحد أو عدة مذيبات بوضعها بالتفون مزود بأوتوكلاف فولاذي و تتميز هذه الطريقة بتكلفة منخفضة و معدات بسيطة [88]. بحيث يتفاعل المذيب مع مصدر الكربون الخام عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية جداً. قام Zhu و آخرون بتحضير كربون كمومي ذات العائد الكمي PL بنسبة 11% في مذيب ثنائي ميثيل فورماميد بالطريقة الحرارية المذابة [89]. كما تحصل Liu وزملاؤه و بخطوة واحدة عن التوليف

الأخضر للنقاط الكربون الكمومي بواسطة المذيبات حمض الأسكوربيك ومحلول الجليكول في الأوتوكلاف عند 160C° لمدة 4h [90].

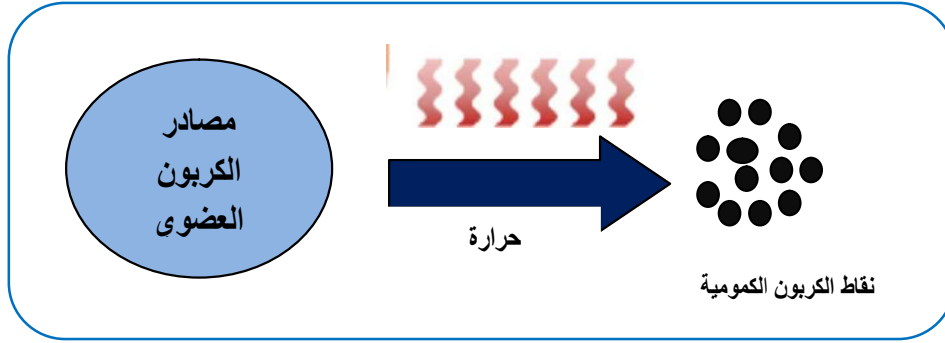


الشكل (11-I): رسم تخطيطي لطريقة الحرارية بالمذيب Solvothermal.

4.2.8.I. الإنحلال الحراري / الكربنة:

الإنحلال الحراري هو تقنية قوية لتصنيع نقاط الكربون الفلورية باستخدام هياكل الكربون المجهرية كسلائف في السنوات الأخيرة. توفر هذه الطريقة مزايا كالوقت القصير، التكلفة المنخفضة، التشغيل السهل، و خالية من المذيبات. تعتبر العمليات الأربع الرئيسية، بما في ذلك التسخين والتجفيف والتدهور والكربنة، عوامل حاسمة لتحويل المادة العضوية المحتوية على الكربون إلى نقاط كمومية كربونية تحت درجة حرارة عالية [91].

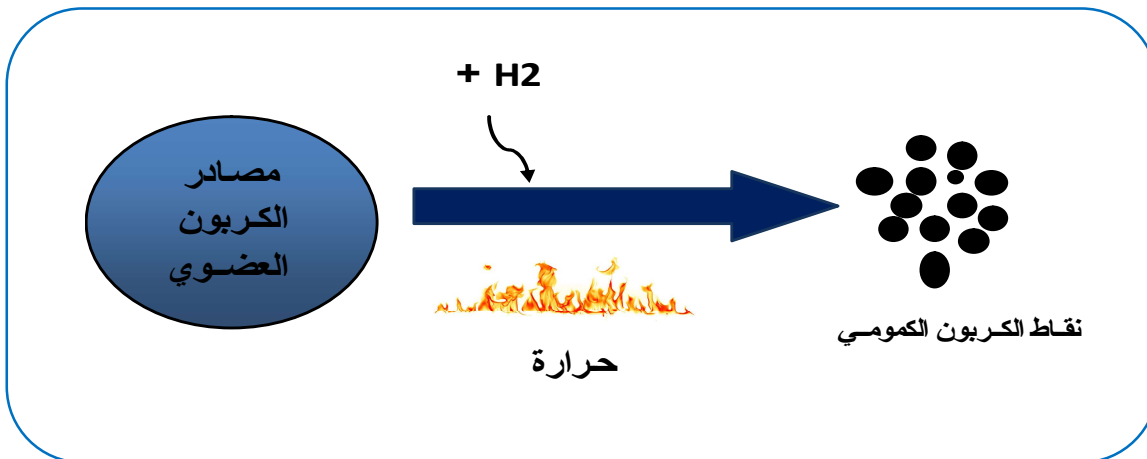
تم تصنيع الكربون النانوي الكمومي من طرف Ma وآخرون وذلك عن طريق الكربنة المباشرة لحمض الأسيتيك ثنائي أمينيترا الإيثيلين عند 260C° – 280C° [92]. كما تم توليف أنواع مختلفة من النقط الكمية الكربونية عن طريق المنشطات الأيونية، حيث صنع Li وزملائه نقاط الكربون الكمومي عن طريق إدخال حمض الهيدروكلوريك [93].



الشكل (12-I): رسم تخطيطي لطريقة الإنحلال الحراري (الكربنة).

5.2.8.I. ترسيب الأبخرة الكيميائية:

تُستخدم طريقة ترسيب البخار الكيميائي (CVD) لتصنيع النقاط الكمية الكربونية، تمكننا طريقة ترسيب البخار الكيميائي على تحديد حجم المنتج النهائي من خلال معرفة بعض المعلومات بما في ذلك مصدر الكربون ووقت النمو ومعدل تدفق الهيدروجين (H_2) ودرجة حرارة. اقترح Fan وآخرون أول طريقة لترسيب البخار الكيميائي لتحضير النقاط الكمية الكربونية باستخدام الميثان كمصدر [94]. كما قام، Ding وآخرون باستخدام نيتريد البورون السداسي لإنتاج نقاط الكربون الكمومي، بدلاً من أي محفز معدني [95]. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام بعض المصادر الأخرى للكربون مثل الشيتوزان لتصنيع نانو كربون بطريقة ترسيب البخار الكيميائي [96].



الشكل (13-I): رسم تخطيطي لطريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية.

1.9.I. تطبيقات نقاط الكربون الكمومية:

حظيت نقاط الكربون الكمومية باهتمام واسع وذلك بسبب خصائصها المميزة (الإنحلالية العالية في الماء و سميتها المنخفضة والإستقرار الضوئي العالي..) مما أدى إلى استخدامها في عدة مجالات مثل التصوير الحيوي، الاستشعار وتطبيقات الطاقة و الإلكترونيات الضوئية وغيرها..

1.9.I. التصوير الحيوي:

تستخدم النقاط الكربون الكمومية (CQDs) على نطاق واسع في المجال الطبي مثل التصوير الحيوي بما في ذلك اكتشاف الخلايا السرطانية وتتبع الخلايا الجذعية ووضع العلامات الفلورية للجزيئات الحيوية وذلك بسبب توافقها الحيوي مما يعني أنها لا تضر الخلايا والأنسجة الحية، ويمكن أيضا تصنيعها وتشغيلها بسهولة لتحسين خصائص التآلق وايضا بسبب استقرارها الضوئي العالي الذي يمنحها لمعان قوي لا يزول مع طول المدة. تسمح هذه الخاصية بأوقات تصوير أطول دون الحاجة إلى تلوين أو وضع أي ملصقات إضافية. في الآونة الأخيرة ، قام الباحثون بتصنيع النقط الكربون الكمومية ذات الخصائص البصرية المحسنة وذلك من أجل جودة تصوير أفضل^[97]. على سبيل المثال ، قام كاو وزملائه بمعالجة خاليا سرطان الثدي MCF-7 بنقاط الكربون الكمومية حيث وضعت في محلول موق لمدة ساعتين تحت تأثير دراجة حرارة 37 C° حيث تباين انهو عند تسليط ليزر ذو الطول الموجي 800 nm اصدار فلوري في اغشية الخلايا MCF-7 والسيتوبلازما ولوحظ أن الإصدار كان ضعيفا جدا في النواة مما يبين ان نقاط الكربون الكمومية لها القدرة على اختراق غشاء الخلية الحية دون نواتها^[98, 99].

2.9.I. الإستشعار:

تتميز نقاط الكربون الكمومية بمساحة سطح عالية، وخصائص إلكترونية فريدة مما يجعلها مثالية لتطبيقات الإستشعار مثل اكتشاف المعادن الثقيلة والملوثات والجزيئات البيولوجية، بالإضافة إلى ذلك، فإن صغر حجمها يسمح بسهولة اختراق الأنظمة البيولوجية، مما يجعلها مفيدة في التشخيص الطبي على سبيل المثال، أظهرت دراسة حديثة نُشرت في مجلة أجهزة الاستشعار الحيوية والإلكترونيات الحيوية (Biosensors and Bioelectronics) الذي قام بها Wei Chen و Ruizhong Zhan استخداما لنقاط الكربون الكمومية كمستشعر فلوري للكشف عن أيونات الزئبق في الماء. حيث أظهرت النقاط حساسية وانتقائية عالية لأيونات الزئبق، مما جعلها مادة واعدة لتطبيقات الاستشعار البيئي و نظرا لأهميتها البالغة ركزت الأبحاث الحديثة على تحسين انتقائية وحساسية أجهزة الاستشعار القائمة على نقاط الكربون الكمومية من خلال تفعيلها مع مجموعات كيميائية محددة [99].

3.9.I. الطاقة:

حيث يمكن استخدام نقاط الكربون الكمومية لتعزيز كفاءة الخلايا الشمسية عن طريق امتصاص نطاق أوسع من الضوء وتحسين نقل الشحنة بين المواد. و يمكن استخدامها أيضًا كمحفزات ضوئية في تفاعلات تقسيم المياه وتقليل ثاني أكسيد الكربون، والتي يمكن أن تساعد في معالجة تحديات الطاقة والبيئة المتزايدة التي تواجه المجتمع وذلك بفضل خصائص إلكترونية وبصرية فريدة. كما أظهرت دراسة حديثة نُشرت في مجلة الطاقة وعلوم البيئة (Energy and Environmental Science) التي قام بها Dmitry Bogachuk و آخرون استخدام نقاط الكربون الكمومية لتحسين أداء خلايا البيروفسكايت الشمسية. حيث تم استخدام نقاط الكربون الكمومية لتعزيز امتصاص الضوء وخصائص نقل الشحن للخلايا الشمسية ، مما أدى إلى تحسن كبير في كفاءة تحويله لطاقة بنسبة 19.5% . وتحسين الاستقرار على المدى الطويل [100-102].

4.9.I. الإلكترونيات الضوئية:

تتميز نقاط الكربون الكمومية بخصائص بصرية فريدة تجعلها مثالية للتطبيقات الإلكترونية الضوئية، بما في ذلك مصابيح LED والليزر وشاشات العرض. ركزت الأبحاث الحديثة على تحسين كفاءة واستقرار الأجهزة الإلكترونية الضوئية القائمة على نقاط الكربون الكمومية من خلال تحسين خصائصها، مثل الحجم وكيمياء السطح وبنية الجهاز. في دراسة نُشرت في مجلة اتصالات الطبيعة (Nature Communications)، قام الباحثون Fanglong Yuan و آخرون بتوليف نقاط الكربون الكمومية عالية في التلألؤ ودمجها في الصمام الثنائي الباعث للضوء بنقطة الكم، مما أدى إلى ارتفاع قياسي في كفاءة الكم الخارجية بنسبة 21.4%. بالإضافة إلى ذلك، أظهر استخدام النقط الكربون الكمومية في شاشات العرض المرنة إمكانات كبيرة نظرًا لخصائصها البصرية الممتازة وتوافقها مع مختلف الركائز [103].

المراجع

المراجع باللغة العربية:

- [18] خ. إبتسام، "دراسة خلايا شمسية من الجرافين" مذكرة ماستر، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2017.
- [24] ب. مير و سعدي، "دراسة مقارنة لطرق تحضير الكربون النشط وتطبيقاته" مذكرة ماستر، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2022.

المراجع باللغة الأجنبية:

- [1] B. Zorman, M. V. Ramakrishna, and R. Friesner, "Quantum confinement effects in CdSe quantum dots," *The Journal of Physical Chemistry*, vol. 99, pp. 7649-7653, 1995.
- [2] A. P. Alivisatos, "Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots," *science*, vol. 271, pp. 933-937, 1996.
- [3] Y. Liu, S. Bose, and W. Fan, "Effect of size and shape on electronic and optical properties of CdSe quantum dots," *Optik*, vol. 155, pp. 242-250, 2018.
- [4] Y. Peter and M. Cardona, *Fundamentals of semiconductors: physics and materials properties*: Springer Science & Business Media, 2010.
- [5] P. Namdari, B. Negahdari, and A. Eatemadi, "Synthesis, properties and biomedical applications of carbon-based quantum dots: An updated review," *Biomedicine & pharmacotherapy*, vol. 87, pp. 209-222, 2017.
- [6] Y. Wang and A. Hu, "Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications," *Journal of Materials Chemistry C*, vol. 2, pp. 6921-6939, 2014.
- [7] S. Y. Lim, W. Shen, and Z. Gao, "Carbon quantum dots and their applications," *Chemical Society Reviews*, vol. 44, pp. 362-381, 2015.
- [8] J. Shen, Y. Zhu, X. Yang, and C. Li, "Graphene quantum dots: emergent nanolights for bioimaging, sensors, catalysis and photovoltaic devices," *Chemical communications*, vol. 48, pp. 3686-3699, 2012.
- [9] Y.-P. Sun, B. Zhou, Y. Lin, W. Wang, K. S. Fernando, P. Pathak, *et al.*, "Quantum-sized carbon dots for bright and colorful photoluminescence," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 128, pp. 7756-7757, 2006.
- [10] B. P. Biswal, D. B. Shinde, V. K. Pillai, and R. Banerjee, "Stabilization of graphene quantum dots (GQDs) by encapsulation inside zeolitic imidazolate framework nanocrystals for photoluminescence tuning," *Nanoscale*, vol. 5, pp. 10556-10561, 2013.
- [11] B. Farbos, "Structure et propriétés de carbones anisotropes par une approche couplant analyse d'image et simulation atomistique," Université de Bordeaux, 2014.
- [12] M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, P. Eklund, and A. Rao, *Carbon nanotubes*: Springer, 2000.
- [13] C. Spencer, "mémento roches et minéraux industriels," 1994.

- [14] D. Page, *The industrial graphite engineering handbook*: UCAR Carbon Company, 1991.
- [15] P. Esquinazi, T. T. Heikkilä, Y. V. Lysogorskiy, D. A. Tayurskii, and G. E. Volovik, "On the superconductivity of graphite interfaces," *JETP letters*, vol. 100, pp. 336-339, 2014.
- [16] A. Adetayo and D. Runsewe, "Synthesis and fabrication of graphene and graphene oxide: A review," *Open journal of composite materials*, vol. 9, p. 207, 2019.
- [17] S. Djoudi, "Etude des propriétés physiques du graphène; Calcul ab initio," Faculté des Sciences et Technologies, 2021.
- [19] O. Razika and L. Sylia, "Le graphène et ses applications en électronique," Université Mouloud Mammeri, 2018.
- [20] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, M. I. Katsnelson, I. V. Grigorieva, *et al.*, "Two-dimensional gas of massless Dirac fermions in graphene," *nature*, vol. 438, pp. 197-200, 2005.
- [21] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D.-e. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, *et al.*, "Electric field effect in atomically thin carbon films," *science*, vol. 306, pp. 666-669, 2004.
- [22] F. Sols, F. Guinea, and A. C. Neto, "Coulomb blockade in graphene nanoribbons," *Physical Review Letters*, vol. 99, p. 166803, 2007.
- [23] N. Peres, F. Guinea, and A. C. Neto, "Electronic properties of disordered two-dimensional carbon," *Physical Review B*, vol. 73, p. 125411, 2006.
- [25] S. Balci, T. Doğu, and H. Yücel, "Characterization of activated carbon produced from almond shell and hazelnut shell," *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental and Clean Technology*, vol. 60, pp. 419-426, 1994.
- [26] R. Ye, C. Xiang, J. Lin, Z. Peng, K. Huang, Z. Yan, *et al.*, "Coal as an abundant source of graphene quantum dots," *Nature communications*, vol. 4, p. 2943, 2013.
- [27] P. Chingombe, B. Saha, and R. Wakeman, "Surface modification and characterisation of a coal-based activated carbon," *Carbon*, vol. 43, pp. 3132-3143, 2005.
- [28] T. Kawano, M. Kubota, M. S. Onyango, F. Watanabe, and H. Matsuda, "Preparation of activated carbon from petroleum coke by KOH chemical activation for adsorption heat pump," *Applied thermal engineering*, vol. 28, pp. 865-871, 2008.
- [29] L. D. Schmidt and P. J. Dauenhauer, "Hybrid routes to biofuels," *Nature*, vol. 447, pp. 914-915, 2007.
- [30] D. Tilman, J. Hill, and C. Lehman, "Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass," *Science*, vol. 314, pp. 1598-1600, 2006.
- [31] A. Abbas, L. T. Mariana, and A. N. Phan, "Biomass-waste derived graphene quantum dots and their applications," *Carbon*, vol. 140, pp. 77-99, 2018.
- [32] X. Xie and B. Goodell, "Thermal degradation and conversion of plant biomass into high value carbon products," in *Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials*, ed: ACS Publications, 2014, pp. 147-158.

- [33] N. R. Nirala, G. Khandelwal, B. Kumar, R. Prakash, and V. Kumar, "One step electro-oxidative preparation of graphene quantum dots from wood charcoal as a peroxidase mimetic," *Talanta*, vol. 173, pp. 36-43, 2017.
- [34] P. Roy, A. P. Periasamy, C. Chuang, Y.-R. Liou, Y.-F. Chen, J. Joly, *et al.*, "Plant leaf-derived graphene quantum dots and applications for white LEDs," *New Journal of Chemistry*, vol. 38, pp. 4946-4951, 2014.
- [35] P. Roy, P.-C. Chen, A. P. Periasamy, Y.-N. Chen, and H.-T. Chang, "Photoluminescent carbon nanodots: synthesis, physicochemical properties and analytical applications," *Materials Today*, vol. 18, pp. 447-458, 2015.
- [36] Z. Lin, W. Xue, H. Chen, and J.-M. Lin, "Peroxy-nitrous-acid-induced chemiluminescence of fluorescent carbon dots for nitrite sensing," *Analytical chemistry*, vol. 83, pp. 8245-8251, 2011.
- [37] W. Lu, X. Qin, S. Liu, G. Chang, Y. Zhang, Y. Luo, *et al.*, "Economical, green synthesis of fluorescent carbon nanoparticles and their use as probes for sensitive and selective detection of mercury (II) ions," *Analytical chemistry*, vol. 84, pp. 5351-5357, 2012.
- [38] X. Feng, Y. Zhao, L. Yan, Y. Zhang, Y. He, Y. Yang, *et al.*, "Low-temperature hydrothermal synthesis of green luminescent carbon quantum dots (CQD), and optical properties of blends of the CQD with poly (3-hexylthiophene)," *Journal of Electronic Materials*, vol. 44, pp. 3436-3443, 2015.
- [39] A.-M. Alam, B.-Y. Park, Z. K. Ghouri, M. Park, and H.-Y. Kim, "Synthesis of carbon quantum dots from cabbage with down-and up-conversion photoluminescence properties: excellent imaging agent for biomedical applications," *Green Chemistry*, vol. 17, pp. 3791-3797, 2015.
- [40] F. Li, C. Liu, J. Yang, Z. Wang, W. Liu, and F. Tian, "Mg/N double doping strategy to fabricate extremely high luminescent carbon dots for bioimaging," *RSC advances*, vol. 4, pp. 3201-3205, 2014.
- [41] Q. Wang, X. Liu, L. Zhang, and Y. Lv, "Microwave-assisted synthesis of carbon nanodots through an eggshell membrane and their fluorescent application," *Analyst*, vol. 137, pp. 5392-5397, 2012.
- [42] P.-C. Hsu, P.-C. Chen, C.-M. Ou, H.-Y. Chang, and H.-T. Chang, "Extremely high inhibition activity of photoluminescent carbon nanodots toward cancer cells," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 1, pp. 1774-1781, 2013.
- [43] V. Roshni and O. Divya, "One-step microwave-assisted green synthesis of luminescent N-doped carbon dots from sesame seeds for selective sensing of Fe (III)," *Current Science (00113891)*, vol. 112, 2017.
- [44] A. Başoğlu, Ü. Ocak, and A. Gümrükçüoğlu, "Synthesis of microwave-assisted fluorescence carbon quantum dots using roasted-chickpeas and its applications for sensitive and selective detection of Fe 3+ ions," *Journal of fluorescence*, vol. 30, pp. 515-526, 2020.
- [45] M. Lu, Y. Duan, Y. Song, J. Tan, and L. Zhou, "Green preparation of versatile nitrogen-doped carbon quantum dots from watermelon juice for cell imaging, detection of Fe³⁺ ions and cysteine, and optical thermometry," *Journal of Molecular Liquids*, vol. 269, pp. 766-774, 2018.

- [46] J. Zhou, Z. Sheng, H. Han, M. Zou, and C. Li, "Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source," *Materials Letters*, vol. 66, pp. 222-224, 2012.
- [47] B. De and N. Karak, "A green and facile approach for the synthesis of water soluble fluorescent carbon dots from banana juice," *Rsc Advances*, vol. 3, pp. 8286-8290, 2013.
- [48] Y. Sha, J. Lou, S. Bai, D. Wu, B. Liu, and Y. Ling, "Facile preparation of nitrogen-doped porous carbon from waste tobacco by a simple pre-treatment process and their application in electrochemical capacitor and CO₂ capture," *Materials Research Bulletin*, vol. 64, pp. 327-332, 2015.
- [49] J. Wei, X. Zhang, Y. Sheng, J. Shen, P. Huang, S. Guo, *et al.*, "Dual functional carbon dots derived from cornflour via a simple one-pot hydrothermal route," *Materials Letters*, vol. 123, pp. 107-111, 2014.
- [50] X. Qin, W. Lu, A. M. Asiri, A. O. Al-Youbi, and X. Sun, "Microwave-assisted rapid green synthesis of photoluminescent carbon nanodots from flour and their applications for sensitive and selective detection of mercury (II) ions," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 184, pp. 156-162, 2013.
- [51] Z. Zhang, J. Zhang, N. Chen, and L. Qu, "Graphene quantum dots: an emerging material for energy-related applications and beyond," *Energy & Environmental Science*, vol. 5, pp. 8869-8890, 2012.
- [52] A. Ananthanarayanan, Y. Wang, P. Routh, M. A. Sk, A. Than, M. Lin, *et al.*, "Nitrogen and phosphorus co-doped graphene quantum dots: synthesis from adenosine triphosphate, optical properties, and cellular imaging," *Nanoscale*, vol. 7, pp. 8159-8165, 2015.
- [53] L.-L. Feng, Y.-X. Wu, D.-L. Zhang, X.-X. Hu, J. Zhang, P. Wang, *et al.*, "Near infrared graphene quantum dots-based two-photon nanoprobe for direct bioimaging of endogenous ascorbic acid in living cells," *Analytical chemistry*, vol. 89, pp. 4077-4084, 2017.
- [54] B. Zhang, C. y. Liu, and Y. Liu, "A novel one-step approach to synthesize fluorescent carbon nanoparticles," ed: Wiley Online Library, 2010.
- [55] W. Du, X. Xu, H. Hao, R. Liu, D. Zhang, F. Gao, *et al.*, "Green synthesis of fluorescent carbon quantum dots and carbon spheres from pericarp," *Science China Chemistry*, vol. 58, pp. 863-870, 2015.
- [56] L. Tian, D. Ghosh, W. Chen, S. Pradhan, X. Chang, and S. Chen, "Nanosized carbon particles from natural gas soot," *Chemistry of materials*, vol. 21, pp. 2803-2809, 2009.
- [57] L. Bao, Z. L. Zhang, Z. Q. Tian, L. Zhang, C. Liu, Y. Lin, *et al.*, "Electrochemical tuning of luminescent carbon nanodots: from preparation to luminescence mechanism," *Advanced materials*, vol. 23, pp. 5801-5806, 2011.
- [58] B. Kong, A. Zhu, C. Ding, X. Zhao, B. Li, and Y. Tian, "Carbon dot-based inorganic-organic nanosystem for two-photon imaging and biosensing of pH variation in living cells and tissues," *Advanced materials*, vol. 24, pp. 5844-5848, 2012.
- [59] H. Zhao, F. Qiu, S. Jin, and Q. Jiang, "High work-hardening effect of the pure NiAl intermetallic compound fabricated by the combustion synthesis and hot pressing technique," *Materials Letters*, vol. 65, pp. 2604-2606, 2011.

- [60] Q. Xiang, "J Yu and M Jaroniec Chem," *Soc. Rev.*, vol. 41, p. 782, 2012.
- [61] W. Wei, C. Xu, J. Ren, B. Xu, and X. Qu, "Sensing metal ions with ion selectivity of a crown ether and fluorescence resonance energy transfer between carbon dots and graphene," *Chemical communications*, vol. 48, pp. 1284-1286, 2012.
- [62] S. Fernandes, J. C. E. da Silva, and L. P. da Silva, "Comparative life cycle assessment of high-yield synthesis routes for carbon dots," *NanoImpact*, vol. 23, p. 100332, 2021.
- [63] H. K. Chung, V. Wongso, and N. S. Sambudi, "Biowaste-derived carbon dots/hydroxyapatite nanocomposite as drug delivery vehicle for acetaminophen," *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol. 93, pp. 214-223, 2020.
- [64] X. Liu, T. Wang, W. Wang, Z. Zhou, and Y. Yan, "A tailored molecular imprinting ratiometric fluorescent sensor based on red/blue carbon dots for ultrasensitive tetracycline detection," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 72, pp. 100-106, 2019.
- [65] K. Hola, M. Sudolská, S. Kalytchuk, D. Nachtigallová, A. L. Rogach, M. Otyepka, *et al.*, "Graphitic nitrogen triggers red fluorescence in carbon dots," *ACS nano*, vol. 11, pp. 12402-12410, 2017.
- [66] F. Yuan, Z. Wang, X. Li, Y. Li, Z. a. Tan, L. Fan, *et al.*, "Bright multicolor bandgap fluorescent carbon quantum dots for electroluminescent light-Emitting diodes," *Advanced materials*, vol. 29, p. 1604436, 2017.
- [67] G. Hu, B. Lei, X. Jiao, S. Wu, X. Zhang, J. Zhuang, *et al.*, "Synthesis of modified carbon dots with performance of ultraviolet absorption used in sunscreen," *Optics Express*, vol. 27, pp. 7629-7641, 2019.
- [68] L. Lin and S. Zhang, "Creating high yield water soluble luminescent graphene quantum dots via exfoliating and disintegrating carbon nanotubes and graphite flakes," *Chemical communications*, vol. 48, pp. 10177-10179, 2012.
- [69] J. Peng, W. Gao, B. K. Gupta, Z. Liu, R. Romero-Aburto, L. Ge, *et al.*, "Graphene quantum dots derived from carbon fibers," *Nano letters*, vol. 12, pp. 844-849, 2012.
- [70] P. Hawrylak, F. Peeters, and K. Ensslin, "Carbononics—Integrating electronics, photonics and spintronics with graphene quantum dots," *Phys. Status Solidi RRL*, vol. 10, pp. 11-12, 2016.
- [71] X. Hai, J. Feng, X. Chen, and J. Wang, "Tuning the optical properties of graphene quantum dots for biosensing and bioimaging," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 6, pp. 3219-3234, 2018.
- [72] H. Liu, T. Ye, and C. Mao, "Fluorescent Carbon Nanoparticles Derived from Candle Soot *Angewandte Chemie International Edition* Volume 46," ed: Issue, 2007.
- [73] P. Zhao, M. Yang, W. Fan, X. Wang, F. Tang, C. Yang, *et al.*, "Facile One-Pot Conversion of Petroleum Asphaltene to High Quality Green Fluorescent Graphene Quantum Dots and Their Application in Cell Imaging," *Particle & Particle Systems Characterization*, vol. 33, pp. 635-644, 2016.
- [74] C. Zhu, S. Yang, G. Wang, R. Mo, P. He, J. Sun, *et al.*, "A new mild, clean and highly efficient method for the preparation of graphene quantum dots without by-products," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 3, pp. 6871-6876, 2015.
- [75] X. Li, H. Wang, Y. Shimizu, A. Pyatenko, K. Kawaguchi, and N. Koshizaki, "Preparation of carbon quantum dots with tunable photoluminescence by rapid laser

- passivation in ordinary organic solvents," *Chemical Communications*, vol. 47, pp. 932-934, 2010.
- [76] S.-L. Hu, K.-Y. Niu, J. Sun, J. Yang, N.-Q. Zhao, and X.-W. Du, "One-step synthesis of fluorescent carbon nanoparticles by laser irradiation," *Journal of Materials Chemistry*, vol. 19, pp. 484-488, 2009.
- [77] S. H. Kang, S. Mhin, H. Han, K. M. Kim, J. L. Jones, J. H. Ryu, *et al.*, "Ultrafast method for selective design of graphene quantum dots with highly efficient blue emission," *Scientific Reports*, vol. 6, p. 38423, 2016.
- [78] S. Zhuo, M. Shao, and S.-T. Lee, "Upconversion and downconversion fluorescent graphene quantum dots: ultrasonic preparation and photocatalysis," *ACS nano*, vol. 6, pp. 1059-1064, 2012.
- [79] S. Zhou, H. Xu, W. Gan, and Q. Yuan, "Graphene quantum dots: recent progress in preparation and fluorescence sensing applications," *RSC advances*, vol. 6, pp. 110775-110788, 2016.
- [80] L. L. Li, J. Ji, R. Fei, C. Z. Wang, Q. Lu, J. R. Zhang, *et al.*, "A facile microwave avenue to electrochemiluminescent two-color graphene quantum dots," *Advanced Functional Materials*, vol. 22, pp. 2971-2979, 2012.
- [81] M. K. Kumawat, M. Thakur, R. B. Gurung, and R. Srivastava, "Graphene quantum dots from mangifera indica: application in near-infrared bioimaging and intracellular nanothermometry," *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 5, pp. 1382-1391, 2017.
- [82] B. S. B. Kasibabu, S. L. D'souza, S. Jha, R. K. Singhal, H. Basu, and S. K. Kailasa, "One-step synthesis of fluorescent carbon dots for imaging bacterial and fungal cells," *Analytical Methods*, vol. 7, pp. 2373-2378, 2015.
- [83] S. Zhao, M. Lan, X. Zhu, H. Xue, T.-W. Ng, X. Meng, *et al.*, "Green synthesis of bifunctional fluorescent carbon dots from garlic for cellular imaging and free radical scavenging," *ACS applied materials & interfaces*, vol. 7, pp. 17054-17060, 2015.
- [84] A. Sachdev and P. Gopinath, "Green synthesis of multifunctional carbon dots from coriander leaves and their potential application as antioxidants, sensors and bioimaging agents," *Analyst*, vol. 140, pp. 4260-4269, 2015.
- [85] J. Xu, Y. Zhou, S. Liu, M. Dong, and C. Huang, "Low-cost synthesis of carbon nanodots from natural products used as a fluorescent probe for the detection of ferrum (III) ions in lake water," *Analytical Methods*, vol. 6, pp. 2086-2090, 2014.
- [86] D. Pan, J. Zhang, Z. Li, and M. Wu, "Hydrothermal route for cutting graphene sheets into blue-luminescent graphene quantum dots," *Advanced materials*, vol. 22, pp. 734-738, 2010.
- [87] V. N. Mehta, S. Jha, and S. K. Kailasa, "One-pot green synthesis of carbon dots by using Saccharum officinarum juice for fluorescent imaging of bacteria (*Escherichia coli*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cells," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 38, pp. 20-27, 2014.
- [88] Y. Deng, J. Qian, and Y. Zhou, "Solvothermal synthesis and inkjet printing of carbon quantum dots," *ChemistrySelect*, vol. 5, pp. 14930-14934, 2020.

- [89] S. Zhu, J. Zhang, C. Qiao, S. Tang, Y. Li, W. Yuan, *et al.*, "Strongly green-photoluminescent graphene quantum dots for bioimaging applications," *Chemical communications*, vol. 47, pp. 6858-6860, 2011.
- [90] W. Liu, H. Diao, H. Chang, H. Wang, T. Li, and W. Wei, "Green synthesis of carbon dots from rose-heart radish and application for Fe³⁺ detection and cell imaging," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 241, pp. 190-198, 2017.
- [91] L. Cui, X. Ren, M. Sun, H. Liu, and L. Xia, "Carbon dots: Synthesis, properties and applications," *Nanomaterials*, vol. 11, p. 3419, 2021.
- [92] C.-B. Ma, Z.-T. Zhu, H.-X. Wang, X. Huang, X. Zhang, X. Qi, *et al.*, "A general solid-state synthesis of chemically-doped fluorescent graphene quantum dots for bioimaging and optoelectronic applications," *Nanoscale*, vol. 7, pp. 10162-10169, 2015.
- [93] X. Li, S. P. Lau, L. Tang, R. Ji, and P. Yang, "Multicolour light emission from chlorine-doped graphene quantum dots," *Journal of materials chemistry C*, vol. 1, pp. 7308-7313, 2013.
- [94] L. Fan, M. Zhu, X. Lee, R. Zhang, K. Wang, J. Wei, *et al.*, "Direct synthesis of graphene quantum dots by chemical vapor deposition," *Particle & Particle Systems Characterization*, vol. 30, pp. 764-769, 2013.
- [95] X. Ding, "Direct synthesis of graphene quantum dots on hexagonal boron nitride substrate," *Journal of Materials Chemistry C*, vol. 2, pp. 3717-3722, 2014.
- [96] S. Kumar, S. T. Aziz, O. Girshevitz, and G. D. Nessim, "One-step synthesis of N-doped graphene quantum dots from chitosan as a sole precursor using chemical vapor deposition," *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 122, pp. 2343-2349, 2018.
- [97] X. Gong, W. Lu, Y. Liu, Z. Li, S. Shuang, C. Dong, *et al.*, "Low temperature synthesis of phosphorous and nitrogen co-doped yellow fluorescent carbon dots for sensing and bioimaging," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 3, pp. 6813-6819, 2015.
- [98] Y. Y. Hui, H.-C. Chang, H. Dong, and X. Zhang, *Carbon nanomaterials for bioimaging, bioanalysis, and therapy*: John Wiley & Sons, 2019.
- [99] L. Shi, X. Li, Y. Li, X. Wen, J. Li, M. M. Choi, *et al.*, "Naked oats-derived dual-emission carbon nanodots for ratiometric sensing and cellular imaging," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 210, pp. 533-541, 2015.
- [100] T. C. Sum and N. Mathews, "Advancements in perovskite solar cells: photophysics behind the photovoltaics," *Energy & Environmental Science*, vol. 7, pp. 2518-2534, 2014.
- [101] D. Bogachuk, S. Zouhair, K. Wojciechowski, B. Yang, V. Babu, L. Wagner, *et al.*, "Low-temperature carbon-based electrodes in perovskite solar cells," *Energy & Environmental Science*, vol. 13, pp. 3880-3916, 2020.
- [102] M. Hadadian, J.-H. Småt, and J.-P. Correa-Baena, "The role of carbon-based materials in enhancing the stability of perovskite solar cells," *Energy & Environmental Science*, vol. 13, pp. 1377-1407, 2020.
- [103] F. Yuan, T. Yuan, L. Sui, Z. Wang, Z. Xi, Y. Li, *et al.*, "Engineering triangular carbon quantum dots with unprecedented narrow bandwidth emission for multicolored LEDs," *Nature communications*, vol. 9, p. 2249, 2018.

الفصل الثاني:

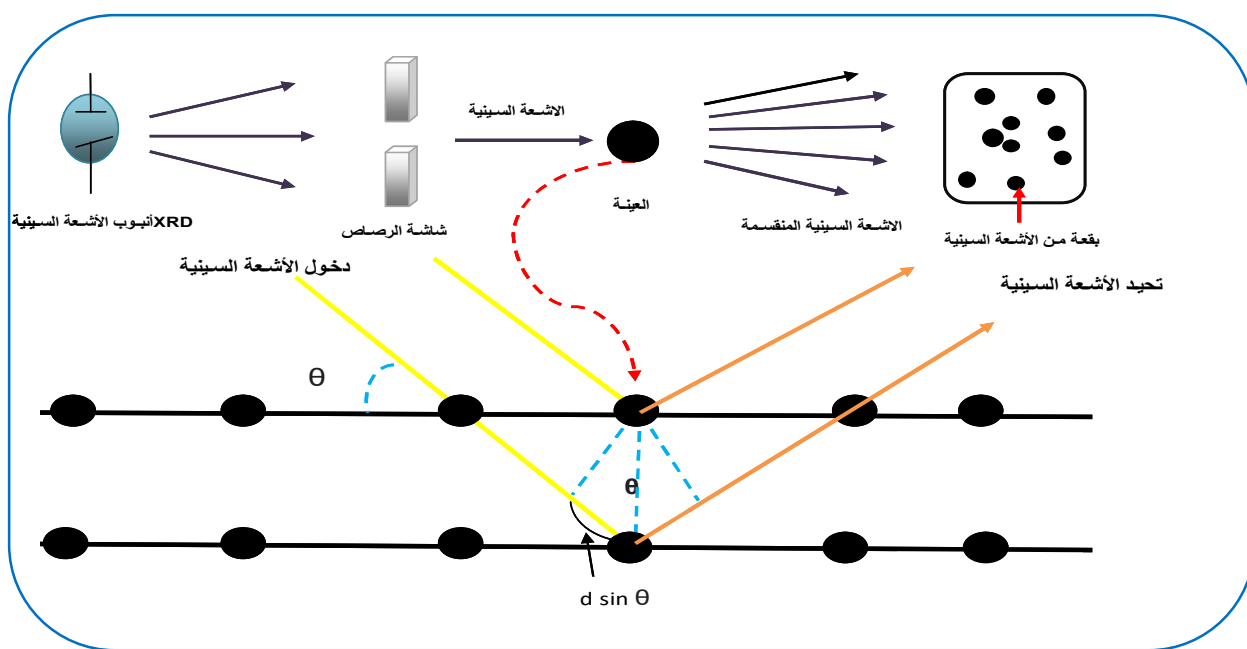
تقنيات توصيف الكربون النشط

II. تقنيات توصيف نقاط الكربون الكومومي:

تمت دراسة خصائص النقاط الكومومية الكربونية لإكتشاف جديد في "عالم الجسيمات النانوية"، حيث تمت دراسته على نطاق واسع عبر تقنيات تحليلية متنوعة. تم وصف طرق التحليل الطيفي المتنوعة، بما في ذلك حيود الأشعة السينية (XRD) و التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FTIR) و مطياف رامان لتحليل التركيب الكيميائي والترابط لنقاط الكربون الكومومية، أيضا التحليل الطيفي المرئي فوق البنفسجي (UV-vis)، وتقنيات التوصيف الكهربائية مثل قياس الفولتميتر الدوري (CV)، التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS) والتحليل الحراري الوزني (TGA).

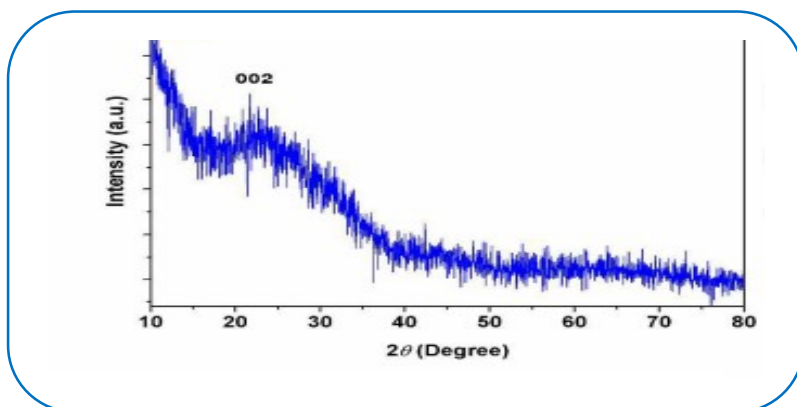
1.II. حيود الأشعة السينية (XRD):

تم اكتشاف الأشعة السينية بواسطة العالم الألماني وليام رونتجن في عام 1895م وذلك من خلال ملاحظة انبعاثات مجهرية قوية ناتجة عن تصادم الكترونات سريعة ذات طاقة حركية عالية وفرق جهد مع جسم مادي^[1]. تحليل XRD هو طريقة تحليلية تُستخدم لمعرفة بعض المعلومات حول التركيب الكيميائي والبنية البلورية ونقاوة الطور وحجم الجسيمات لنقاط الكربون الكومومية^[2]، تحليل XRD تعمل على تقييم التباعد البلوري داخل نوى الكربون البلورية لنقاط الكربون الكومومية وأبعاد الخلية الوحدة المقابلة لها^[3]. تتفاعل الأشعة السينية أحادية اللون مع عينات نقاط الكربون لتنتج تشتت الإلكترونات مما ينتج عنه حيود. يتم بعد ذلك اكتشاف هذه الأشعة السينية المنعرجة ومعالجتها وحسابها، مما يكشف عن متوسط بنية المواد النانوية الكربونية^[4]. كما يظهر الشكل (1-II) رسم تخطيطي لتقنية حيود الأشعة السينية (XRD).



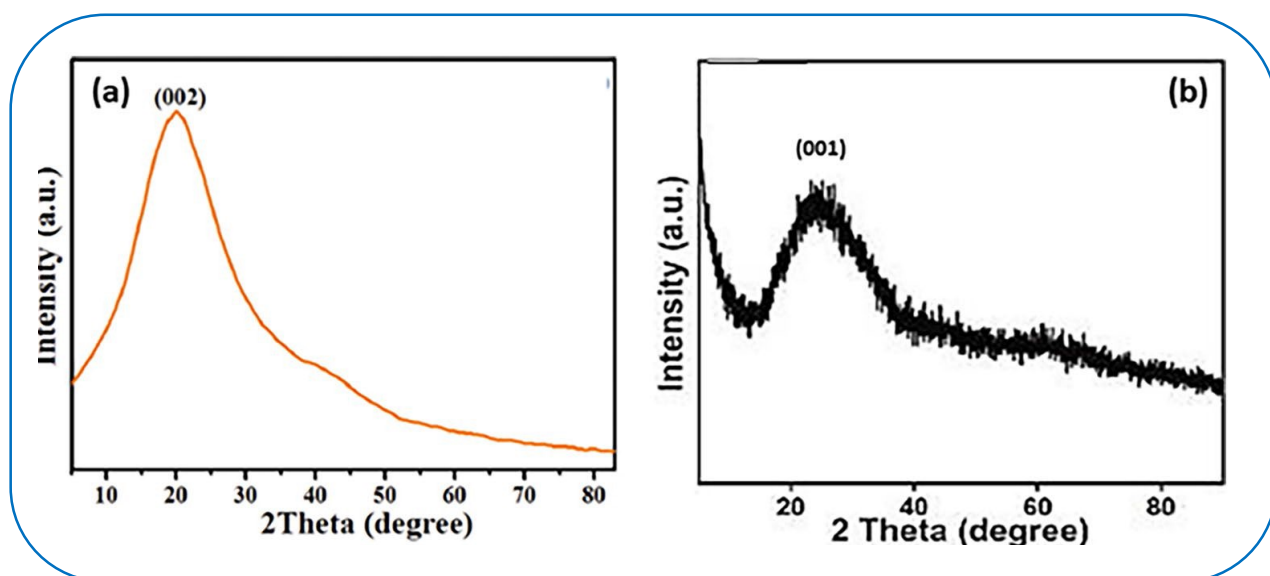
الشكل (1-II): رسم تخطيطي لتقنية حيود الأشعة السينية (XRD).

قام بانو وآخرون بتحضير نقاط الكربون الكومبية بالطريقة المائية الحرارية من أوراق التمر الهندي (*Tamarindusindica*) عند 210C° [5]. تم فحص لنقاط الكربون المحضرة بالأشعة السينية XRD حيث أظهر طيف XRD ذروة واسعة عند $2\theta = 22^\circ$ كما هو موضح في الشكل (2-II) وهو يُنسب إلى انعكاس (002) Bragg ، تباعد الطبقة البينية المقابل لهذا المستوى يساوي 0.32nm هو مشابه لتباعد الطبقة البينية الجرافيتي. حيث تشير هذه النتيجة إلى أن نقاط الكربون الكومبية المعدة غير متبلورة وجرافيتية [6, 7].



الشكل (2 - II): طيف XRD لنقاط الكربون الكومبية المحضرة من التمر الهندي [5].

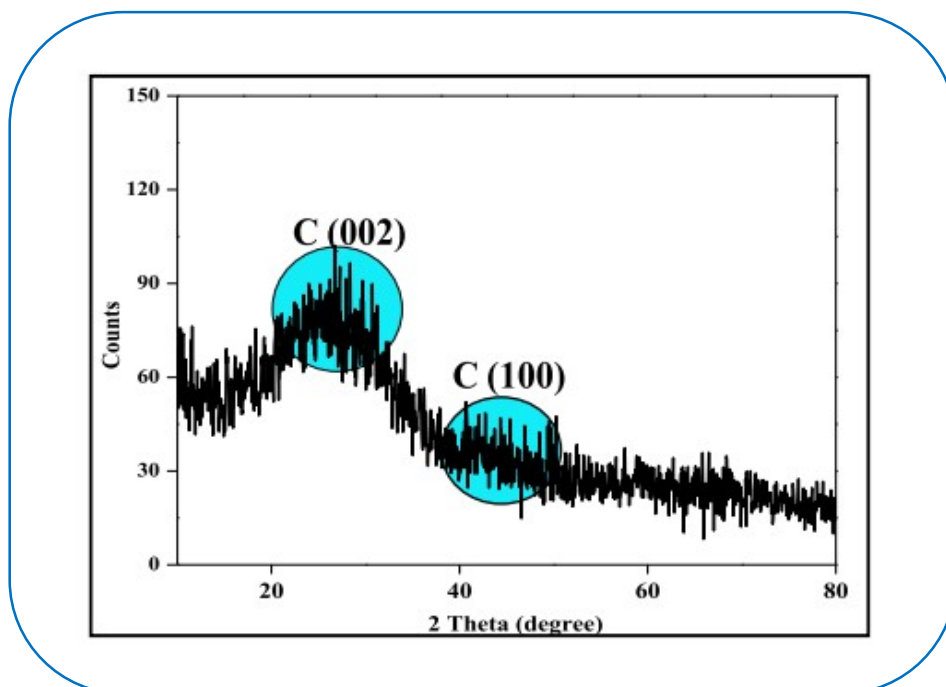
كما قام أيضا الباحث يانغ وآخرون بتحضير نقاط الكربون الكومومية من نشا البطاطس باستخدام الموجات فوق الصوتية مع متوسط حجم الجسيمات من 3nm إلى 5nm. يُظهر مخطط XRD في الشكل (2-II) حيث يوضح حيود واسع عند 20.51° والتي تقابل المستوى الجرافيتي (002)^[8]. يشير التباعد المحسوب بين الطبقات البينية بمقدار 0.43 nm إلى أنه لوحظ زيادة في الطبيعة غير المتبلورة في النقاط الكومومية الكربونية في الجرافيت بسبب وجود المزيد من المجموعات الوظيفية المحتوية على الأكسجين.



الشكل (3- II) : (a) نمط من XRD من النقاط الكربون الكومومية مع المستوى (002) و (b)

طائرة (001)^[9, 10].

كما قام ايضا الباحثين أرول وسيثورمان بتحضير النقاط الكومومية الكربونية خلال المعالجة الحرارية المائية لمستخلص فاكهة الكيوي (*Actinidiadeliciosa*)؛ وأظهر تحليل XRD حيود واسعة وقمة ضعيفة عند $2\theta = 40.3^\circ$ ، والتي ارتبطت بـكربون الجرافيت لأنماط الحيود (002) و (001)^[9].



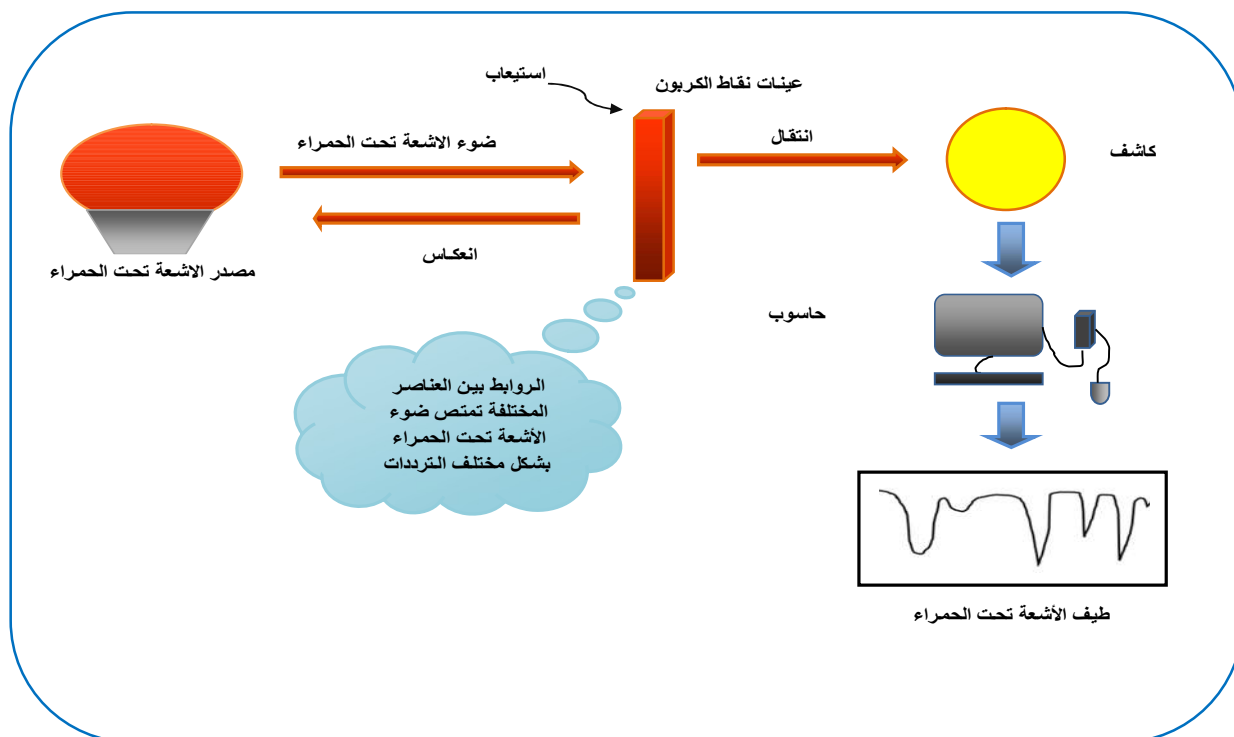
الشكل (II-4): طيف XRD لنقاط الكربون الكومومية المحضرة من مستخلص الكيوي [9].

تم بعد ذلك تطبيق معادلة Scherer ($D = k\lambda / \beta \cdot \cos\theta$) لحساب أحجام الجسيمات البلورية عن طريق اختيار أعلى قيمة ذروة موضحة في مخطط حيود XRD، حيث يشير k إلى عامل أو نمط الشكل، والذي يأخذ قيمة حوالي 0.9، تشير إلى الطول الموجي للأشعة السينية (إشعاع يساوي 0.154nm) و يشير إلى ذروة الانعراج عند نصف الكثافة القصوى المرصودة $2\theta = 28^\circ$ [11].

2.II. التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR):

طيف FTIR هي مطيافية بالأشعة تحت الحمراء التي يعود اكتشافها إلى القرن التاسع عشر [12] تعتمد تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) على قياس امتصاص الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الأطوال الموجية داخل منطقة الأشعة تحت الحمراء ($400-4000 \text{ cm}^{-1}$) [13] يعتبر التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) أحد أقوى الأدوات لتحديد المجموعة الوظيفية مع تحديد الروابط الجزيئية المحتملة بين المركبات الكيميائية وتستخدم أيضا في تحليل النوعي والكمي للمواد [14]. يعتمد المبدأ الأساسي لتقنية FTIR على اختلاف نسب امتصاص الضوء في ترددات

مختلفة بين الروابط بعد ذلك يتم تحليل وقياس الضوء باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء الذي ينتج طيف الأشعة تحت الحمراء كما هو موضح في الشكل (II- 5) [3, 15]. يتم اعتمادها بكثرة وذلك لتكلفتها المنخفضة، سهولة التنفيذ و بسيطة [16].

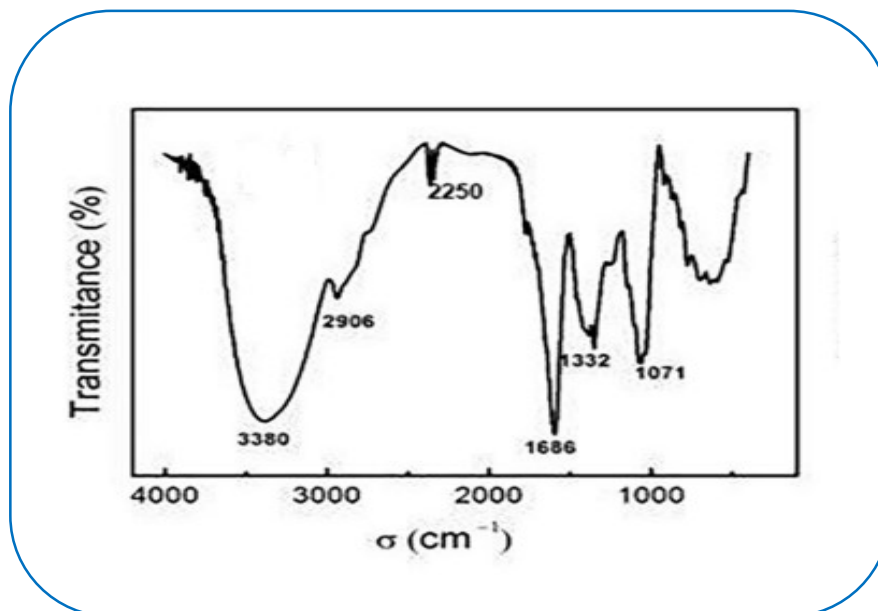


الشكل (II- 5): رسم تخطيطي لتقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR).

تم استخدام FTIR لتحليل بعض المواد النانوية مثل نقاط الكربون الكوموية نظرا لاحتوائها على العديد من المجموعات (الهيدروكسيل والكربونيل والإيثر وحمض الكربوكسيل) [15]. حيث قام يانغ وآخرون بتحضير نقاط الكربون الكوموية من العسل باستخدام طريقة الحرارة المائية، تمت ملاحظة وجود روابط O-H و N-H و C-H و C=N و C=O و C=C و C-O وذلك عن طريق التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء FTIR. حيث أن نطاق الإمتصاص الذي لوحظ عند (3380 cm^{-1}) يظهر وجود اهتزازات تمتد O-H و N-H. و عند (2906 cm^{-1}) و (2250 cm^{-1}) مرتبطة بالاهتزازات C-H و C=N على التوالي، و ينتج نطاق الامتصاص عند (1636 cm^{-1}) عن اهتزازات التمدد C=O و C=C. و عند

(1332 cm^{-1}) إلى اهتزازات C-H و N-H والذروة عند (1071 cm^{-1}) تشير إلى وجود اهتزازات انحناء

.^[8] C-O



الشكل (II-6) : التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون الناتجة عن العسل^[8].

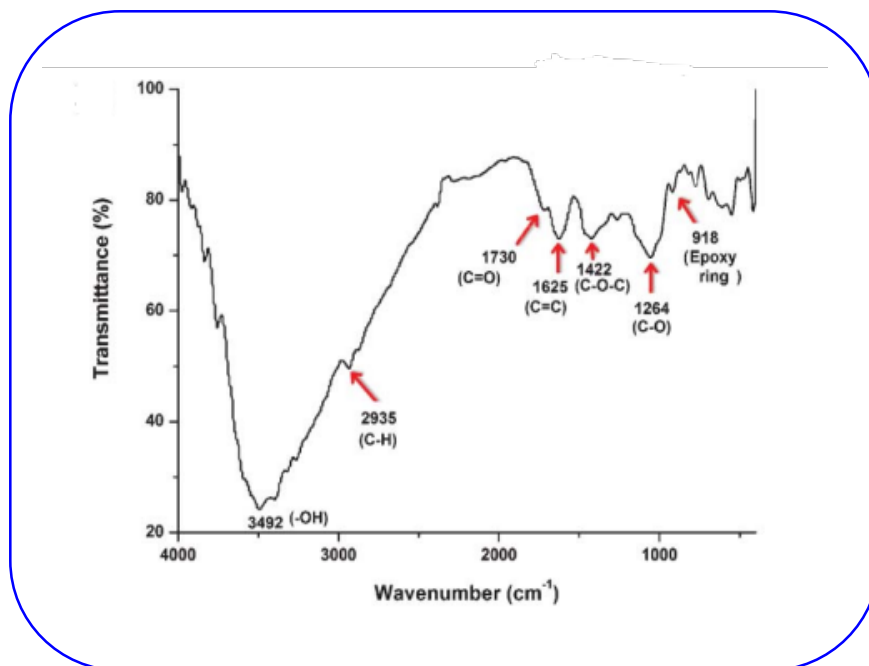
كما قام دي وزملاؤه بتوليف نقاط الكربون الكمومية القابلة للذوبان في الماء ذات متوسط حجم

3nm ببساطة عن طريق تسخين عصير الموز (*Musa acuminata*) على درجة حرارة 150 C° لمدة

4h دون استخدام أي عوامل تخميل سطحية، حيث كان العائد الكمي 8.95%^[17].

تم استعمال تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) لمعرفة محتوى (طبيعة الروابط

الموجودة في نقاط الكربون المصنعة من عصير الموز) (الشكل (II-7)).



الشكل (II-7) : التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لنقاط الكربون المحضرة من عصير الموز [17].

حيث نلاحظ في هذا الطيف ترددات التمدد عند 1625 ، 1730 ، 2935 ، 3492 cm^{-1} ،

1422 ، 1264 و 918)، تشير هذه القمم إلى وجود OH ، C-H ، C=O ، C=C ، C-O-C ،

C-O وحلقة إيبوكسي على التوالي، وهذا ما يؤكد قابلية الذوبان العالية في الماء [18، 19].

3.II. مطياف رامان لتحليل التركيب الكيميائي والترابط لنقاط الكم الكربونية:

يتم استخدام تحليل رامان لجمع معلومات عن هياكل الجزيء وذلك عن طريق قياس أوضاع

الاهتزازات. حيث تتمكننا تحليل رامان من تقييم الطبيعة البلورية أو غير المتبلورة والخصائص البصرية

والإلكترونية لنقاط الكربون الكمومية . عادةً ما تعرض النقاط الكربون الكمومية قمتين مميزتين تسمى

أطياف رامان النطاق D و النطاق G. يظهر النطاق D عموماً عند حوالي (1352 cm^{-1}) بسبب

اهتزازات الروابط المتدلالية الجرافيتية المهجنة sp^2 شديدة الاضطراب، في مستوى النهاية. و النطاق G يتم

ملاحظته عموماً عند (1585 cm^{-1}) حيث ينشأ من اهتزازات الكربون المرتبطة sp^2 الذرات في الشبكة

السداسية ثنائية الأبعاد من الجرافيت [20].

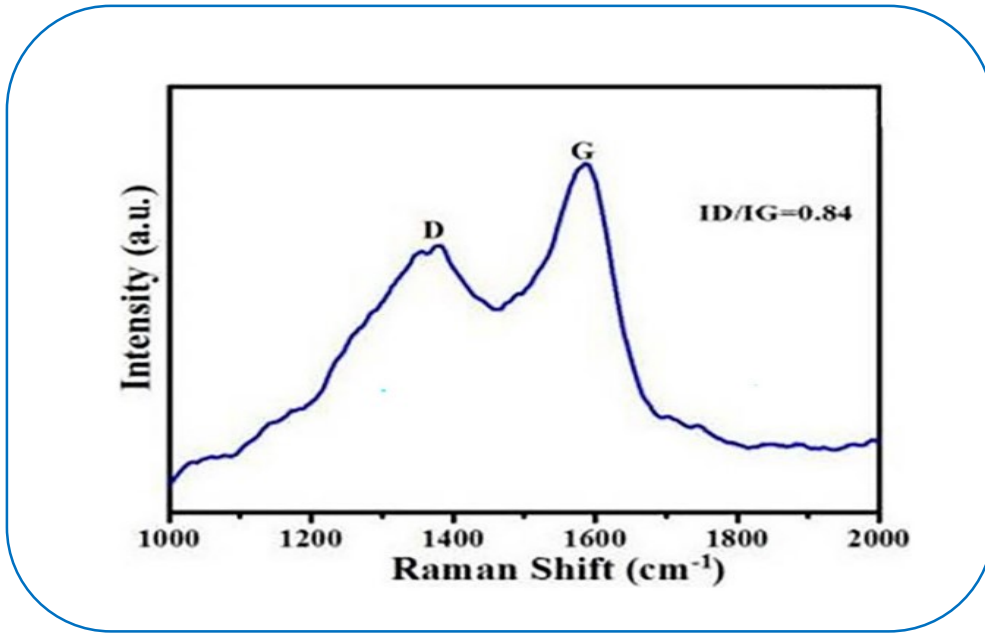
تستخدم نسبة الشدة (ID / IG) للنطاقين D و G لتحديد الخصائص الهيكلية لنقاط الكربون

الكمومية حيث تشير نسبة الشدة التي تقل عن اثنين إلى طبيعة البلورات النانوية [21].

تم إجراء تحليل (رامان) لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من نشا البطاطس بواسطة تشيانغ

وآخرون **الشكل (II- 8)** حيث تم الحصول على قمتين مميزتين مع نطاق D تمركز حول

(1368cm⁻¹) ونطاق G عند حوالي (1582 cm⁻¹) مع نسبة (ID/IG) تبلغ 0.84 [22].



الشكل (II- 8) : طيف رامان لنقط الكربون الكمومية المحضرة من نشا البطاطس [22].

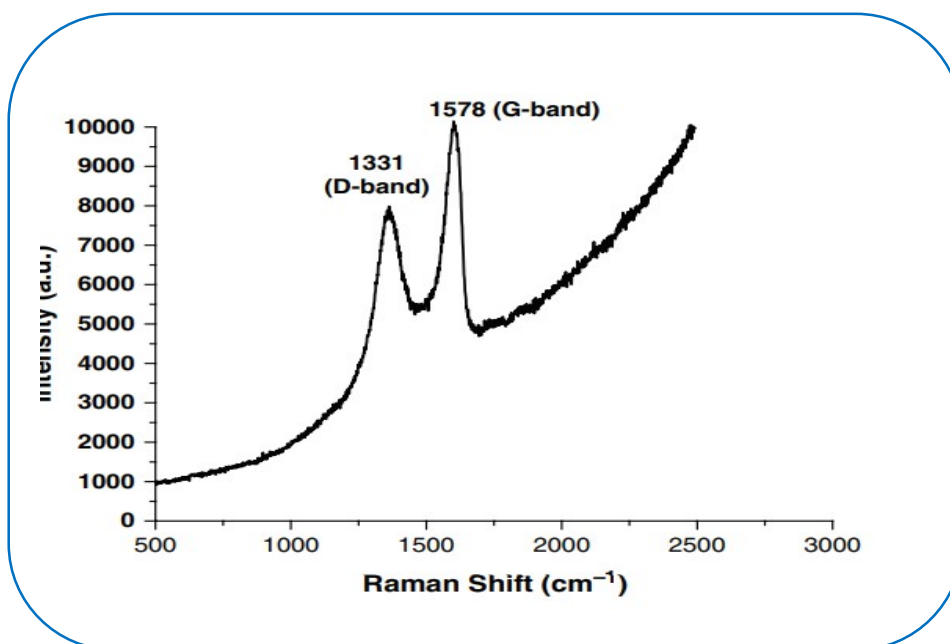
كما قام كومار وآخرون بتوليف نقاط الكربون من عصير البرتقال بطريقة الحرارية، أجريت

مطيافية رامان لمستخلص المحضر **الشكل (II- 9)**.

تم اكتشاف ذروتين بارزتين في أطياف رامان، حيث لوحظ احدهما ذروة رامان الحادة والمكثفة

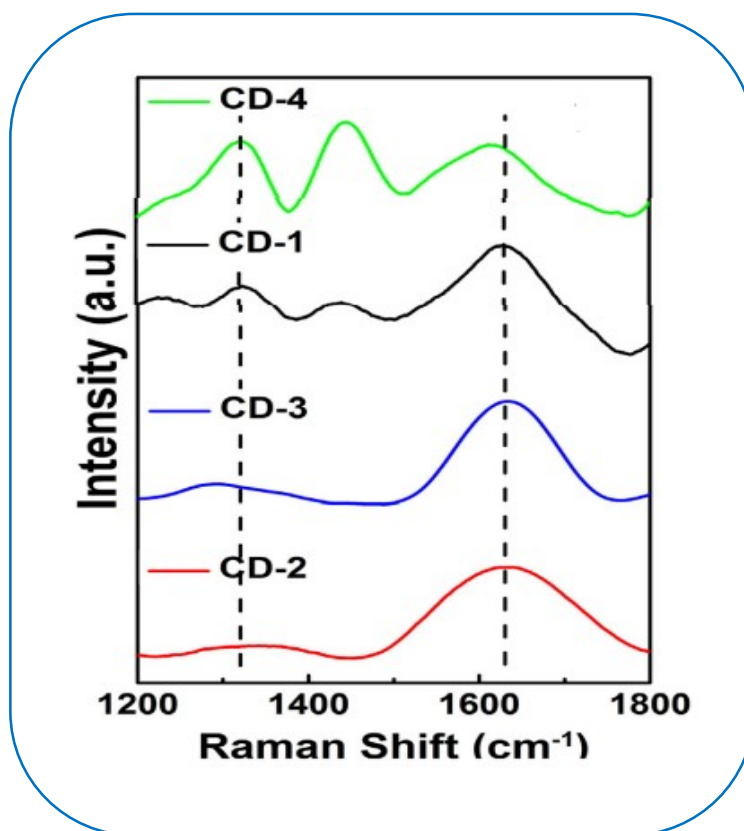
للنطاق G عند (1578 cm⁻¹) والآخر للنطاق D عند (1331 cm⁻¹) مما يدل على وجود مواد نانوية

كربونية نقية. بلغت نسبة الشدة المحسوبة (ID / IG) 0.59 مما يؤكد نقاوة نقاط الكربون الكمومية [23].



الشكل (II-9) : أطياف رامان لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من عصير البرتقال [23].

✓ اجريت تحليل رامان لنقاط الكربون المحضرة من فحم الكوك الشكل (II-10):



الشكل (II-10) : أطياف رامان التي تُظهر نطاقي D و G للنقاط الكمومية المركبة من الكربون وألواح

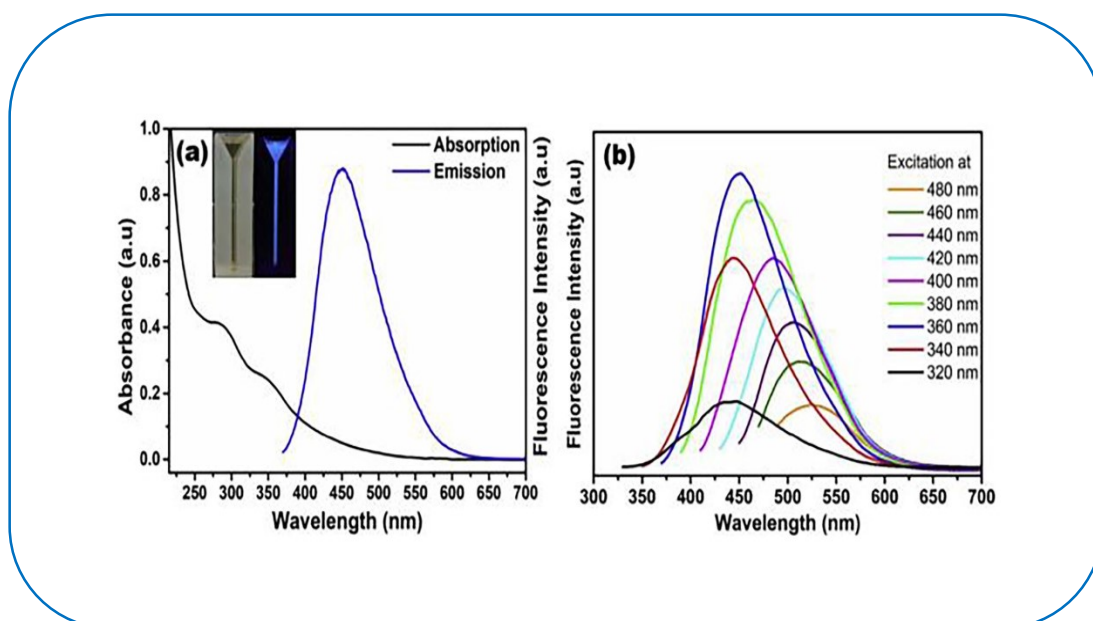
الجرافين النانوية [23].

حيث نلاحظ بالنسبة نقاط الكربون الكومومية المنحني 1 و 4 (CD-1) و (CD-4) ثلاثة نطاقات متميزة عند (1328 cm^{-1})، (1435 cm^{-1}) للنطاق D و (1623 cm^{-1}) للنطاق G و عند (1317 cm^{-1}) و (11440 cm^{-1}) للنطاق D و (1612 cm^{-1}) للنطاق G على التوالي. حيث تشير القمم الأولية التي تتراوح حوالي (1317 cm^{-1}) إلى (1328 cm^{-1}) إلى النطاق D للكربون المهجن sp^3 [24]. تشير الذروة الثانية في النطاق من (1435 cm^{-1}) إلى (1440 cm^{-1}) أيضًا إلى النطاق D الذي يمثل sp^3 "هياكل الكربون المهجنة" [25]. تشير القمم عند حوالي (1612 cm^{-1}) و (1623 cm^{-1}) إلى النطاق G المقابل لهياكل الكربون sp^2 [26]، نقاط الكربون الكومومية المنحني 2 و 3 (CD-2) و (CD-3) أظهرت النطاق G المميز عند (1629 cm^{-1}) و (1634 cm^{-1}) على التوالي والتي تتطابق مع الكربون المختلط والكربون المهجن sp^2 ، مما يشير إلى وجود مجموعات عطرية داخل نقاط الكربون الكومومية. ورغم ذلك لوحظ وجود نطاقتين عند حوالي (1294 cm^{-1}) وعند (1317 cm^{-1}) في نقاط الكربون الكومومية (CD-2) بسعة منخفضة للغاية. يتوافق هيكل الكربون sp^2 المرتبط بالجسور مع النطاق G والنطاق D الذي تم إنشاؤه بسبب عيوب الشبكة التي تمتلك الكربون المهجن sp^3 [27، 28]. نستنتج بناءً على شدة الذروة G أن المواد النانوية الكربونية المُصنَّعة ذات طبيعة غرافيتية بشكل رئيسي.

4.II. التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية:

تظهر النقاط الكربون الكومومية امتصاصًا بصريًا ممتازًا في النطاق من 260nm إلى 320 nm (منطقة الأشعة فوق البنفسجية) مع امتداد في المنطقة المرئية. تحتوي نقط الكربون الكومومية النقية عادةً على قمتي امتصاص، أحدهما للانتقال $\pi-\pi^*$ لمجالات sp^2 العطرية والآخر للانتقال $n-\pi^*$ للشقوق الوظيفية السطحية مثل مجموعات الكربونيل و الهيدروكسيل و الإسترو والكربوكسيل [29]. رغم ذلك، فإن موضع قمم الامتصاص يعتمد بشدة على الطريقة التركيبية وطبيعة مجموعات السطح الموجودة في النقط الكربون الكومومية. بسبب التغيير في مستوى الطاقة $\pi-\pi^*$ [30].

قام الباحث باندي وآخرون بتحضير نقاط الكربون الكومومية من المحضرة من توت (Lantana camara) تظهر نقاط الكربون الكومومية ذات اللون البني في ظروف ضوء النهار، ونقاط الكربون الكومومية الباعثة للضوء الأزرق تحت إثارة ضوء الأشعة فوق البنفسجية عند 360nm بجوارها كما هو موضح في الشكل (11-II) حيث يبين الامتصاص نموذجي بالأشعة فوق البنفسجية لمستخلص التوت^[31].

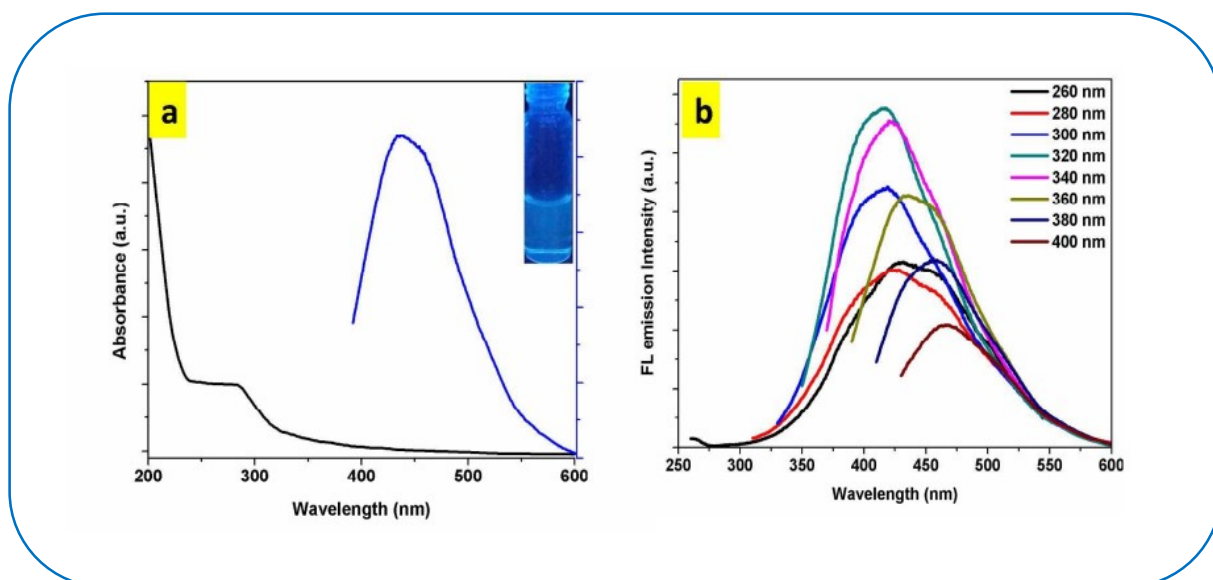


الشكل (11- II): الامتصاص نموذجي بالأشعة فوق البنفسجية لنقاط الكربون الكومومية

المحضرة من مستخلص توت (a) مع أطيف الامتصاص وأطيف PL ، (B) أطيف PL لنقاط الكربون الكومومية المحضرة من مستخلص التوت مع اختلاف أطوال موجات الإثارة^[31].

كما قام بانو وآخرون بتحضير نقاط الكربون الكومومية بطريقة مائية حرارية من أوراق التمر الهندي (Tamarindusindica) عند 210C°^[5]. حيث تم تسليط الأشعة فوق بنفسجية لكشف عن نقاط الكربون الكومومية المحضرة من أوراق التمر الهندي كما هو مبين في الشكل (12- II) حيث يُظهر أطيف انبعاث الأشعة فوق البنفسجية المرئية (الخط الأسود) والإضاءة (FL) (الخط الأزرق) لنقاط الكربون الكومومية المحضرة. يوضح الشكل الداخلي (a) أن النقط الكربون الكومومية المحضرة تعرض انبعاثات اللون الأزرق تحت إثارة الأشعة فوق البنفسجية البالغة 365 nm في غرفة الأشعة فوق

البنفسجية. حيث تم الكشف عن ذروة امتصاص واحدة تتمركز عند 280nm، والتي توضح الانتقال الإلكتروني $\pi-\pi^*$ التابعة $C = C$ ويتم ايضا الحصول على ذروة الانبعاث عند 433 nm عند إثارة 365 nm. يوضح الشكل (b) أن النقط المحضرة تظهر سلوكًا معتمدًا على الإثارة في النطاق 400nm -260 nm مع اختلاف 20 nm [5].



الشكل (II-12): (a) يمثل الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية (أسود) وطيف شدة الانبعاث

(أزرق) عند λ_{ex} من 360 nm من نقاط الكربون المحضرة من التمر الهندي بينما يُظهر الشكل

الداخلي صورة الأشعة فوق البنفسجية عن إثارة 365 نانومتر، (b) يمثل شدة الانبعاث عند أطوال

موجات الإثارة المختلفة (260 nm ، 280 ، 300 ، 320 ، 340 ، 360 ، 380 ، 400 nm) [5].

5.II. تقنيات التوصيف الكهربية مثل قياس الفولتمتر الدوري والتحليل الطيفي للمقاومة

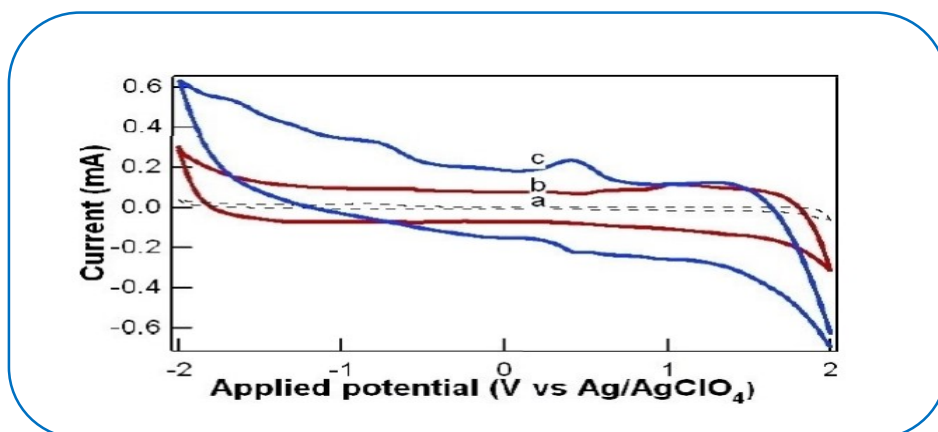
1.5.II. قياس الفولتمتر الدوري:

قياس الفولتمتر الدوري (CV) هو تقنية كهروكيميائية قوية وشائعة^[32]، تعتبر من أفضل الطرق الفولتمترية، والأبسط، والأكثر اقتصادية^[33]،^[34]، حيث يُسمح الجهد ذهابًا وإيابًا عن طريق مسح القطب من جهد منخفض إلى جهد أعلى^[35]،^[36]. بين حدين محتملين بينما التيار يدور عبر الدائرة يتم تسجيله. في المحاليل الهادئة وباستخدام إلكتروليت داعم مناسب، كدالة للجهد يسمى الفولتموجرام الدوري. يتميز هذا عادة بظهور عدة قمم يتوافق مع العمليات الكهروكيميائية المختلفة التي يمكن أن تحدث في إمكانات مختلفة^[35].

يتميز قياس الفولتمتر الدوري (CV) بقدرته على اكتشاف التحليلات المختلفة بتركيزات منخفضة بخطوة واحدة كما يتميز أيضا بكفاءته العالية وحساسيته الجيدة (دقته) من ما جعله يعتبر أكثر الطرق الفولتمترية استخدامًا. تعتمد كفاءة التقييمات بشكل أساسي على نوع القطب المستخدم. قد تكون مادة القطب الكهربي عبارة عن مواد نانوية التي أساسها الكربون^[37].

في عام 2007، أبلغت المجموعة التي يديرها شام وصن ودينغ عن تطوير أول تخليق كهروكيميائي لنقاط الكربون الكومومية عن طريق التقيير الكهربائي للأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران. تم في هذا العمل، دراسة السلوك الكهروكيميائي للأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران عن طريق قياس الفولتمتر الدوري (CV) في الأسيتونتريل (C_2H_3N) المنزوع الغاز. يتكون التركيب الكهروكيميائي من ورق كربون مغطى يستخدم كقطب كهربائي عامل، يقترن بسلك Pt ونظام ($Ag/AgClO_4$) كعداد وأقطاب مرجعية، على التوالي. من خلال تطبيق جهد دائري بين (-2.0V) و(2.0V)، حيث تمكن الباحثون من إثبات أن تركيب لنقاط الكربون الكومومية كان ممكنًا فقط في وجود إلكتروليت داعم، وتحديد ثلاث قمم أكسدة عند 0.40V و0.51V و1.70 V، مع ذروتي اختزال.

عند 0.71V و 1.68V كما هو موضح في الشكل (II-13) [38].

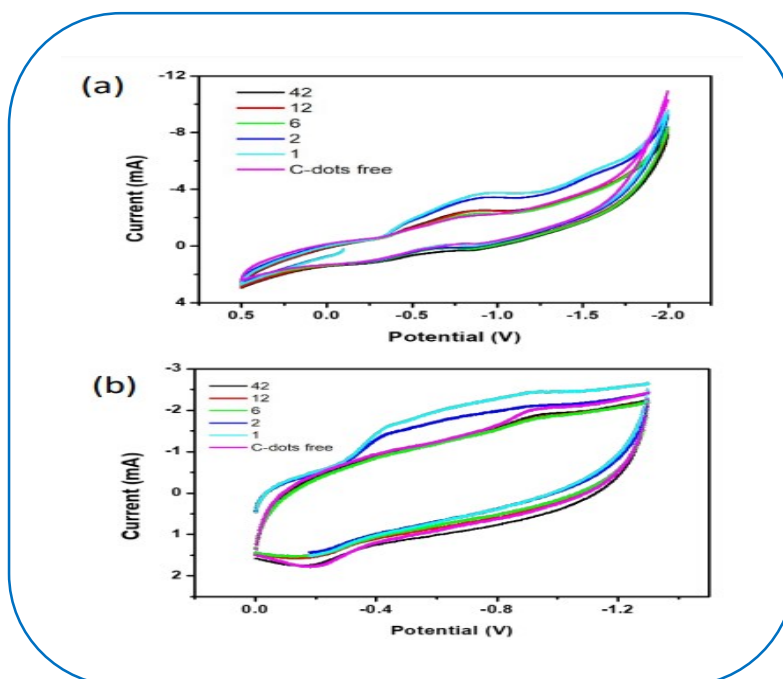


الشكل (II-13): (A) قياس الفولتميتر الدوري لورق الكربون، (B) الأنابيب النانوية الكربونية الغير معالجة، (C) والأنابيب النانوية الكربونية المعالجة في الأستونيتريل [38].

تم في هذه الدراسة التي قام بها يان و آخرون، تطبيق قياس الفولتميتر الدوري يعمل على تقليل

كثافة انبعاث نقاط الكربون الكومومية المحضرة بطريقة الانحلال الحراري لمزيج من الإيثانولامين /

حامض الستريك عند 230°C . كما هو موضح في الشكل (II-14) [39].



الشكل (II-14): التصوير الفولتيموجرامى متعدد الدورات للتشتتات المائية التي تحتوي على

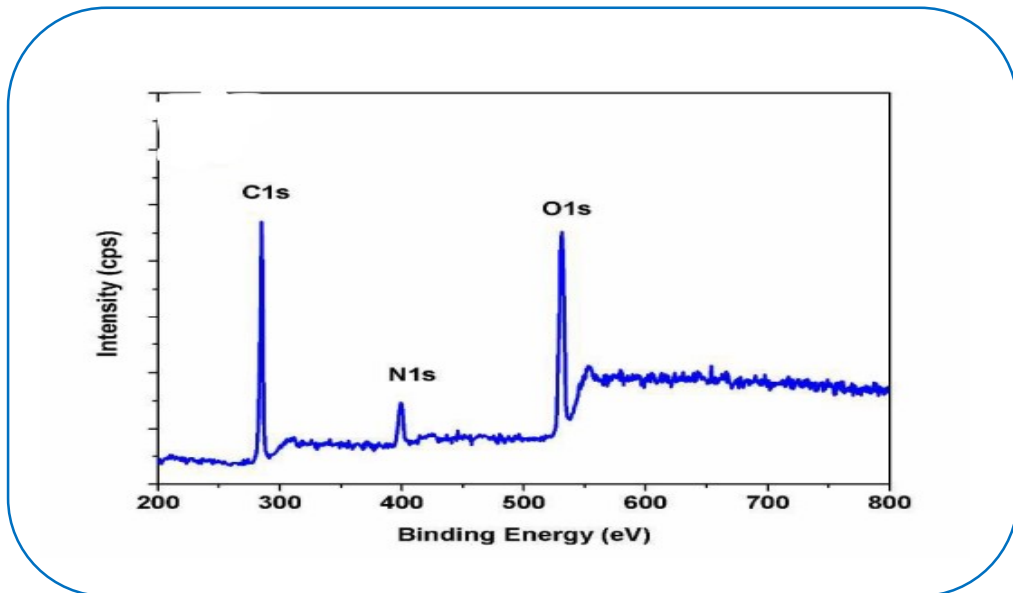
0.1mg/ml من نقاط الكربون الكومومية (A) (-2.0V) الى (0.5V) و (B) (-1.3V) الى

(0.0V) [39].

2.5.II. التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS) :

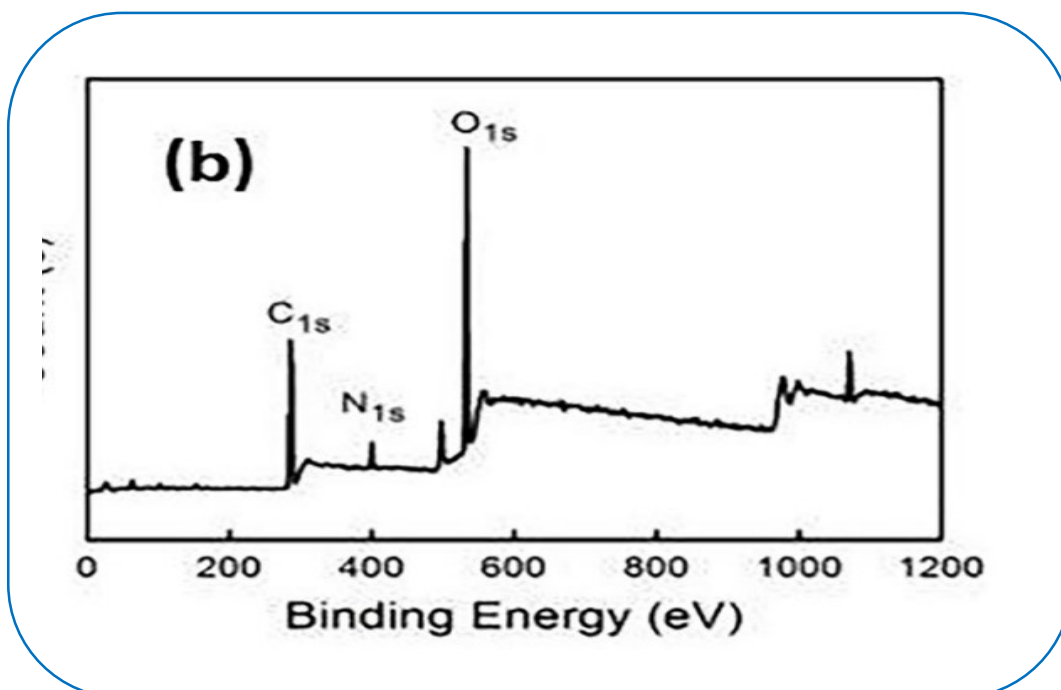
XPS هي تقنية تحليلية قوية للتحليل الكيميائي السطحية وتحضير المواد النانوية. هذه الطريقة تعتمد على التأثير الكهروضوئي و توضح التركيب الإلكتروني والتكوين الأولي وحالات الأكسدة للعناصر في المادة [40]. تعمل تقنية XPS على كشف وظائف السطح والبنى الأساسية الهيكلية والمكونات المختلفة في النقط الكربون الكمومية [8].

تم إجراء قياسات XPS الشكل (II-15) لمعرفة التركيب الكيميائي والعناصر الموجودة على سطح النقط الكربون الكمومية المعدة من أوراق التمر الهندي (*Tamarindus indica*) من طرف بانو وآخرون بطريقة المائية الحرارية عند 210°C [5] حيث يُظهر النطاق الواسع لأطياف XPS لنقاط الكربون الكمومية خصائص الذروة (284.6eV) و (400eV) و (531eV) مما يبين أن الكربون يتواجد بالنسبة (51.1%) والنيتروجين (14.2%)، الأكسجين موجد بالنسبة (34.7%) هذه هي المكونات الرئيسية لنقاط الكربون الكمومية المحضرة [5].



الشكل (II-15): طيف XPS لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من التمر الهندي [5].

كما تم اجراء التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS) لنقاط الكربون الكمومية المصنوعة من العسل حيث أظهرت ثلاث قمم ذات دلالة في طيف المسح المطابق للعناصر الكربون والأكسجين والنيتروجين عند (284.5 eV) و(286.6 eV) و (287.9 eV) على التوالي في دراسة أجراها يانغ وآخرون. كما هو موضح في الشكل (II-17)، حيث تكشف عن وجود مجموعات (C-C) و(C-O) و (C=N / C=O) على سطح نقاط الكربون الكمومية^[8].



الشكل (II-16): طيف XPS لنقاط الكربون الكمومية المحضرة من العسل^[8].

6.II. التحليل الحراري الوزني (TGA):

يتم تحليل نقاط الكربون المصنعة في درجات حرارة عالية، باستخدام تحليل قياس الوزن الحراري لفحص الثبات الحراري للمركبات من أجل استنتاج معلومات حول بنية النقطة والحصول على تأكيدات حول البنية المفترضة من أطيف الأشعة تحت الحمراء^[41].

استعملت تقنية التحليل الحراري الوزني (TGA) لتحليل نقاط الكومومية الكربونية المحضرة من تسخين أوراق زهرة الكستناء المائية (*Trapa bispinosa*) عند درجة حرارة (120 C°) لمدة 150 min حيث تم وضع (20 mg) من العينة في خلية (Perkin Elmer, Diamond) تم تسخينها إلى (830 C°) بمعدل تسخين $20\text{C}^\circ \text{min}^{-1}$ تحت ضغط غاز N_2 كما هو موضح في الجدول (1- II) التالي الذي يمثل QYs: للنقاط الكربون الكومومية المُصنَّعة باستخدام الكستناء المائي عند أطوال موجات الإثارة المختلفة^[42].

الجدول (1- II): العائد الكمي للنقاط الكربون الكومومية المُصنَّعة من زهرة الكستناء المائية عند أطوال موجات الإثارة المختلفة.

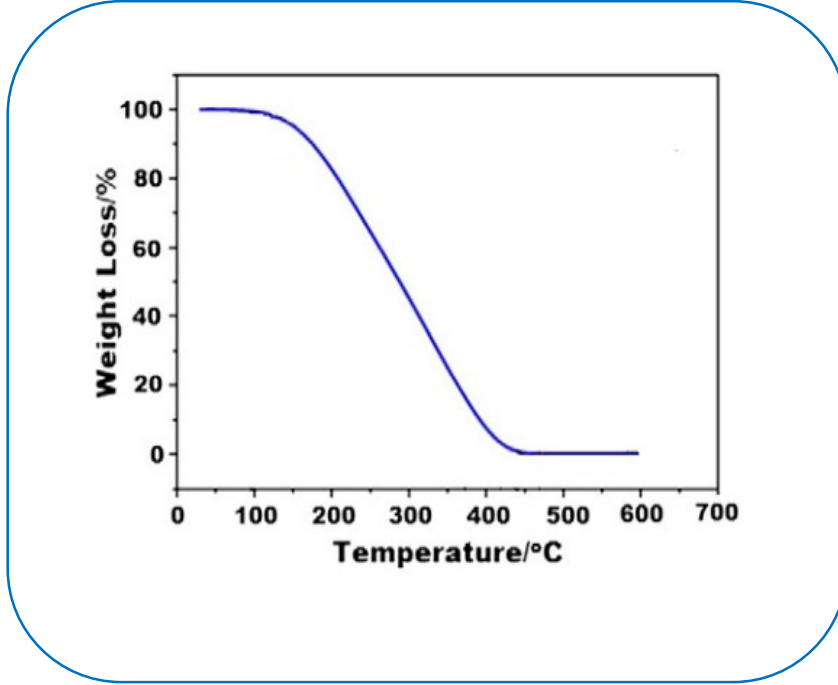
EW (nm)	350	400	450	500
QYs	0.1	0.24	1.2	0.87

EW تمثل الطول الموجي للإثارة

QYs تمثل العائد الكمي لكبريتات الكينين التي استخدمت كمرجع

يقيس التحليل الحراري الوزني مقدار ومعدل التغيير في وزن المادة (فقدان الوزن) فيما يتعلق بدرجة الحرارة تحت السيطرة بيئية. يشير فقدان الوزن عند درجات حرارة مختلفة إلى التكوين وكذلك الاستقرار الحراري للمجمع. يشير تحليل التحليل الحراري الوزني (TGA) إلى أن النقاط نقاط الكربون الكومومية كانت مستقرة عند 110C° وأن فقدان الوزن نتج بعد ذلك **الشكل (17- II)** وهذا بسبب تدهور الشقوق الكيميائية المرتبطة بالنقاط الكربون الكومومية. كما نلاحظ ان هناك خسارة أخرى في الوزن عند 444C° والتي قد تكون بسبب تلك الأنواع التي ترتبط بقوة بالنقاط الكربون الكومومية عبر الروابط التساهمية. هذا يؤكد تشغيل السطح للنقاط الكربون الكومومية التي تمنح مضاناً محدداً. يتم تلخيص QYs للنقاط الكربون الكومومية المحسوبة في جميع الأطوال الموجية للإثارة في **الجدول (1- II)** وقد وجد أنه الحد الأقصى

لنقاط الكربون الكمومية المتحمسة عند 450 nm. يمكن تحسين QYs البالغة 1.2 عند 450nm عن طريق مزيد من الوظائف السطحية مع عوامل التخميل [43].



الشكل (II-17): تحليلات TGA للنقاط الكربون الكمومية المركبة باستخدام مستخلص زهرة

الكستناء المائية [43].

المراجع

المراجع باللغة العربية:

[1] ن. الهدى، ا. غيث، م. كرى "حيود الأشعة السينية في البنية البلورية" 2016.

المراجع باللغة الأجنبية:

- [2] S. Thambiraj and R. Shankaran, "Green synthesis of highly fluorescent carbon quantum dots from sugarcane bagasse pulp," *Applied Surface Science*, vol. 390, pp. 435-443, 2016.
- [3] I. Singh, R. Arora, H. Dhiman, and R. Pahwa, "Carbon quantum dots: Synthesis, characterization and biomedical applications," *Turk. J. Pharm. Sci*, vol. 15, pp. 219-230, 2018.
- [4] A. A. Bunaciu, E. G. UdriŞtioiu, and H. Y. Aboul-Enein, "X-ray diffraction: instrumentation and applications," *Critical reviews in analytical chemistry*, vol. 45, pp. 289-299, 2015.
- [5] D. Bano, V. Kumar, V. K. Singh, and S. H. Hasan, "Green synthesis of fluorescent carbon quantum dots for the detection of mercury (II) and glutathione," *New Journal of Chemistry*, vol. 42, pp. 5814-5821, 2018.
- [6] L. Lin, M. Rong, S. Lu, X. Song, Y. Zhong, J. Yan, *et al.*, "A facile synthesis of highly luminescent nitrogen-doped graphene quantum dots for the detection of 2, 4, 6-trinitrophenol in aqueous solution," *Nanoscale*, vol. 7, pp. 1872-1878, 2015.
- [7] P.-C. Hsu and H.-T. Chang, "Synthesis of high-quality carbon nanodots from hydrophilic compounds: role of functional groups," *Chemical communications*, vol. 48, pp. 3984-3986, 2012.
- [8] X. Yang, Y. Zhuo, S. Zhu, Y. Luo, Y. Feng, and Y. Dou, "Novel and green synthesis of high-fluorescent carbon dots originated from honey for sensing and imaging," *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 60, pp. 292-298, 2014.
- [9] V. Arul and M. G. Sethuraman, "Facile green synthesis of fluorescent N-doped carbon dots from *Actinidia deliciosa* and their catalytic activity and cytotoxicity applications," *Optical Materials*, vol. 78, pp. 181-190, 2018.
- [10] X. Yang, L. Sui, B. Wang, Y. Zhang, Z. Tang, B. Yang, *et al.*, "Red-emitting, self-oxidizing carbon dots for the preparation of white LEDs with super-high color rendering index," *Science China Chemistry*, vol. 64, pp. 1547-1553, 2021.
- [11] H. Safardoust-Hojaghan, M. Salavati-Niasari, O. Amiri, S. Rashki, and M. Ashrafi, "Green synthesis, characterization and antimicrobial activity of carbon quantum dots-decorated ZnO nanoparticles," *Ceramics International*, vol. 47, pp. 5187-5197, 2021.
- [12] C. Berthomieu and R. Hienerwadel, "Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy," *Photosynthesis research*, vol. 101, pp. 157-170, 2009.

- [13] N. Ko, M. Nafiujjaman, J. Lee, H.-N. Lim, Y.-k. Lee, and I. Kwon, "Graphene quantum dot-based theranostic agents for active targeting of breast cancer," *Rsc Advances*, vol. 7, pp. 11420-11427, 2017.
- [14] M. A. Mohamed, J. Jaafar, A. Ismail, M. Othman, and M. Rahman, "Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy," in *Membrane characterization*, ed: Elsevier, 2017, pp. 3-29.
- [15] P. Roy, P.-C. Chen, A. P. Periasamy, Y.-N. Chen, and H.-T. Chang, "Photoluminescent carbon nanodots: synthesis, physicochemical properties and analytical applications," *Materials Today*, vol. 18, pp. 447-458, 2015.
- [16] J. Peng, W. Gao, B. K. Gupta, Z. Liu, R. Romero-Aburto, L. Ge, *et al.*, "Graphene quantum dots derived from carbon fibers," *Nano letters*, vol. 12, pp. 844-849, 2012.
- [17] B. De and N. Karak, "A green and facile approach for the synthesis of water soluble fluorescent carbon dots from banana juice," *Rsc Advances*, vol. 3, pp. 8286-8290, 2013.
- [18] X. Xu, R. Ray, Y. Gu, H. J. Ploehn, L. Gearheart, K. Raker, *et al.*, "Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 126, pp. 12736-12737, 2004.
- [19] X. Jia, J. Li, and E. Wang, "One-pot green synthesis of optically pH-sensitive carbon dots with upconversion luminescence," *Nanoscale*, vol. 4, pp. 5572-5575, 2012.
- [20] J. Gu, X. Zhang, A. Pang, and J. Yang, "Facile synthesis and photoluminescence characteristics of blue-emitting nitrogen-doped graphene quantum dots," *Nanotechnology*, vol. 27, p. 165704, 2016.
- [21] Y. Fang, S. Guo, D. Li, C. Zhu, W. Ren, S. Dong, *et al.*, "Easy synthesis and imaging applications of cross-linked green fluorescent hollow carbon nanoparticles," *ACS nano*, vol. 6, pp. 400-409, 2012.
- [22] R. Qiang, S. Yang, K. Hou, and J. Wang, "Synthesis of carbon quantum dots with green luminescence from potato starch," *New Journal of Chemistry*, vol. 43, pp. 10826-10833, 2019.
- [23] D. Kumar, K. Singh, V. Verma, and H. Bhatti, "Synthesis and characterization of carbon quantum dots from orange juice," *Journal of Bionanoscience*, vol. 8, pp. 274-279, 2014.
- [24] V. Kumar, A. K. Srivastava, S. Toyoda, and I. Kaur, "Extraction of low-toxicity nanodiamonds from carbonaceous wastes," *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, vol. 24, pp. 190-194, 2016.
- [25] S. Osswald, V. Mochalin, M. Havel, G. Yushin, and Y. Gogotsi, "Phonon confinement effects in the Raman spectrum of nanodiamond," *Physical Review B*, vol. 80, p. 075419, 2009.
- [26] A. Catena, T. McJunkin, S. Agnello, F. M. Gelardi, S. Wehner, and C. B. Fischer, "Surface morphology and grain analysis of successively industrially grown amorphous hydrogenated carbon films (aC:H) on silicon," *Applied Surface Science*, vol. 347, pp. 657-667, 2015.
- [27] J. C. Vinci, I. M. Ferrer, N. W. Guterry, V. M. Colón, J. F. Destino, F. V. Bright, *et al.*, "Spectroscopic characteristics of carbon dots (C-dots) derived from carbon fibers

- and conversion to sulfur-bridged C-dots nanosheets," *Applied Spectroscopy*, vol. 69, pp. 1082-1090, 2015.
- [28] Y. Li, X. Zhong, A. E. Rider, S. A. Furman, and K. K. Ostrikov, "Fast, energy-efficient synthesis of luminescent carbon quantum dots," *Green Chemistry*, vol. 16, pp. 2566-2570, 2014.
- [29] S. N. Baker and G. A. Baker, "Luminescent carbon nanodots: emergent nanolights," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 49, pp. 6726-6744, 2010.
- [30] X. Li, S. P. Lau, L. Tang, R. Ji, and P. Yang, "Sulphur doping: a facile approach to tune the electronic structure and optical properties of graphene quantum dots," *Nanoscale*, vol. 6, pp. 5323-5328, 2014.
- [31] R. Bandi, R. Dadigala, B. R. Gangapuram, and V. Guttena, "Green synthesis of highly fluorescent nitrogen-doped carbon dots from Lantana camara berries for effective detection of lead (II) and bioimaging," *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 178, pp. 330-338, 2018.
- [32] N. Elgrishi, K. J. Rountree, B. D. McCarthy, E. S. Rountree, T. T. Eisenhart, and J. L. Dempsey, "A practical beginner's guide to cyclic voltammetry," *Journal of chemical education*, vol. 95, pp. 197-206, 2018.
- [33] S. Rajendrachari, "Effect of sintering temperature on the pitting corrosion of ball milled duplex stainless steel by using linear sweep voltammetry," *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*, vol. 10, pp. 349-361, 2018.
- [34] S. Rajendrachari, "Investigation of electrochemical pitting corrosion by linear sweep voltammetry: A fast and robust approach," in *Voltammetry*, ed: IntechOpen, 2018.
- [35] G. A. Mello, V. Briega-Martos, V. Climent, and J. M. Feliu, "Bromide adsorption on Pt (111) over a wide range of pH: Cyclic voltammetry and CO displacement experiments," *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 122, pp. 18562-18569, 2018.
- [36] S. Xu and S. D. Minter, "Enzymatic biofuel cell for oxidation of glucose to CO₂," *ACS catalysis*, vol. 2, pp. 91-94, 2012.
- [37] G. Tigari and J. Manjunatha, "A surfactant enhanced novel pencil graphite and carbon nanotube composite paste material as an effective electrochemical sensor for determination of riboflavin," *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, vol. 5, pp. 56-64, 2020.
- [38] J. Zhou, C. Booker, R. Li, X. Zhou, T.-K. Sham, X. Sun, *et al.*, "An electrochemical avenue to blue luminescent nanocrystals from multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs)," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 129, pp. 744-745, 2007.
- [39] Y. Tian, L. Li, X. Guo, A. Wójtowicz, L. Estevez, M. J. Krysmann, *et al.*, "Dramatic photoluminescence quenching in carbon dots induced by cyclic voltammetry," *Chemical Communications*, vol. 54, pp. 9067-9070, 2018.
- [40] A. T. N. Dao, D. M. Mott, and S. Maenosono, "Characterization of metallic nanoparticles based on the abundant usages of X-ray techniques," in *Handbook of nanoparticles*, ed: Springer International Publishing, 2015, pp. 217-244.
- [41] C.-W. Lai, Y.-H. Hsiao, Y.-K. Peng, and P.-T. Chou, "Facile synthesis of highly emissive carbon dots from pyrolysis of glycerol; gram scale production of carbon dots/mSiO₂ for cell imaging and drug release," *Journal of Materials Chemistry*, vol. 22, pp. 14403-14409, 2012.

- [42] A. Mewada, S. Pandey, S. Shinde, N. Mishra, G. Oza, M. Thakur, *et al.*, "Green synthesis of biocompatible carbon dots using aqueous extract of *Trapa bispinosa* peel," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 33, pp. 2914-2917, 2013.
- [43] H. Liu, T. Ye, and C. Mao, "Fluorescent carbon nanoparticles derived from candle soot," *Angewandte chemie*, vol. 119, pp. 6593-6595, 2007.

دانشگاه آزاد اسلامی:

موسسه تخصصی زبان

1.III. الدراسة الأولى :

Green synthesis of highly fluorescent carbon quantum dots from sugarcane bagasse pulp^[1].

التوليف الأخضر لنقاط كمية الكربون عالية الفلورسنت من لب قصب السكر

1.1.III. طريقة العمل:

تم تقطيع لب قصب السكر إلى قطع صغيرة وتجفيفها في ضوء الشمس لمدة 6 أيام قبل تعريضه للحرارة عند $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ في وسط مفتوح، أخذ 2g من الناتج الأخير و أضيفه إلى 200 ml من Toluene ويقلب جيدًا لمدة 24h عند درجة حرارة الغرفة ، بعد ذلك تم تسخين محلول الكربون المشتت لمدة ساعة وطرده مركزياً عند 10000 دورة في الدقيقة لمدة 30 min في درجة حرارة الغرفة. بعد إزالة الراسب الأسود، تم جمع السائل الطاف. ثم تم تخفيف السائل الطاف بالإيثانول.

2.1.III. النتائج والمناقشة:

❖ أظهرت الخصائص الكيميائية لنقاط الكربون الناتجة عن لب القصب السكري أن متوسط الحجم

$$.0.17 \pm 4.1\text{nm}$$

❖ أظهرت نتائج تحليل XPS أن سطح النقاط الكربون الكمومي الوظيفية المحتوية على الأكسجين

تكون مرتبطة بمجموعات كاربونيل ومجموعات الهيدروكسيد.

❖ أظهرت نتائج محلل الصور الطبوغرافية أن متوسط أقطار نقاط الكربون الكمومي في نطاق تتراوح ما

بين 3-5 nm سمك السطح أقل من 5 نانومتر.

❖ أظهر التحليل الكيميائي HR-TEM إلى أن النقاط الكمومية الكربونية التي تم الحصول عليها تظهر بنية مثل الجرافيت، كما أشارت نتائج طيف EDS بوضوح إلى وجود 87.18 % بالوزن من الكربون.

❖ أشارت نتائج تحليل التحليل الطيفي FTIR على أن المجموعة الوظيفية والبنية السطحية لنقاط الكمية الكربونية تم تحليلها إلى نطاقات امتصاص قوية عند 2985 cm^{-1} و 2813 cm^{-1} المرتبطة باهتزاز شدة الكربون لمجموعات الميثيل أو الميثيلين.

2.III. الدراسة الثانية :

Green synthesis of carbon quantum dots from lemon peel waste :applications in sensing and photocatalysis ^[2]

التوليف الأخضر لنقاط الكم الكربونية من نفايات قشر الليمون: تطبيقات في الاستشعار والتحفيز الضوئي

1.2.III. طريقة العمل :

تم تصنيع نقاط الكربون الكمومية من قشور الليمون. في البداية، تم غسل 5g من قشور الليمون بالماء وتجفيفها في ضوء الشمس ثم في الفرن عند 100 C° لمدة 10h، تم سحق قشور الليمون المجففة ووضعها في محلول 100 ml من H_2SO_4 بتركيز 0.1M بعد 5min تم غسل قشور الليمون بكمية كبيرة بالماء لعدة مرات، ثم ترشيحها و تجفيفها في الفرن عند 100C° لمدة 4 h. بعدها خلط العينة مع 150mg من محلول هيبوك لوريت الصوديوم والإحتفاظ بها لمدة 4h. ووضعت العينة في الأوتولاف عند 200 C° لمدة 12h، في الأخير جمعت العينة وغسلت باستخدام ثنائي الكلور و الميثان لإزالة الشقوق العضوية الغير

متفاعلة و خضعت للطرذ المركزي للمحلول الناتج عند 10000 دورة في الدقيقة لمدة 30 min لفصل المذيب من النقاط الكمومية الكربونية وتجفيفه عند 100 C° .

2.2.III. النتائج والمناقشة:

❖ أظهرت صور TEM بوضوح أن نقاط الكربون الكمومية مشتتة جيداً في الطبيعة كما أنها أحادية الإنتشار مع توزيع ضيق الحجم يبلغ قطره $(1-3)\text{nm}$.

❖ كشفت نتائج طيف الإمتصاص الأشعة فوق البنفسجية UV-vis لنقاط الكربون الكمومي على وجود زيادة مستمرة في الإمتصاص من $200-800\text{ nm}$ مع نطاق امتصاص عريض عند 270 nm تم تحديد هذا النطاق من أجل انتقال روابط الكربون المترافقة وهي متوافقة مع لكربون النانو الغرافيتي تحت إشعاع ضوء الأشعة فوق البنفسجية.

❖ أشارت نتائج تحليل التحليل الطيفي FTIR على جود مجموعات وظيفية قطبية على سطح نقاط الكربون الكمومية، كما أظهرت وجود نطاقات الإمتصاص المميزة لمجموعات COOH و OH عند نطاق 4cm .

❖ يوضح التحليل الحراري لنقاط الكربون الكمومية (التحليل الحراري الوزني TGA) في وسط خامل حتى 1000 C° فقدان الوزن تدريجياً بنسبة 84.7% عند 1000 C° .

3.III. الدراسة الثالثة:

Facile green synthesis of carbon quantum dots and biomass-derived activated carbon from banana peels: synthesis and investigation ^[3].

توليف أخضر سهل لنقاط كمية الكربون والكربون المنشط المشتق من الكتلة الحيوية من قشور الموز:

التوليف والتحقيق

1.3.III. طريقة العمل:

الهدف من هذه الدراسة هو توليف مواد كربونية ذات جودة عالية انطلاقاً من قشور الموز عن طريق عملية حرارية مائية بخطوة واحدة تحت ضغوط ذاتية التوليد ومجال حراري C° (100-800). حيث وضعت قشور الموز في ماء منزوع الأيونات (DI) والإيثانول (بنسبة 0.5 / 0.5)، تمت إضافة 0.04 mg من قشور الموز المجففة إلى 80 ml من محلول مختلط من ماء منزوع الأيونات (DI) والإيثانول. وضع هذا الخليط في تجويف فولاذي غير قابل للصدأ للعملية الحرارية المائية وتم الاحتفاظ بها عند C° 200 لمدة 24h. بعد ذلك، تم الحصول على محلول أصفر. تم تجميع الترسيب الأصفر الغامق بعناية، وفصل المعلق. بعد ذلك، باستخدام ماء منزوع الأيونات DI والإيثانول، تم غسل الترسيب الأصفر الداكن عدة مرات وتجفيفه عند C° 100 لمدة 1h من أجل الحصول على مادة الكربون المسامية المشتقة من الكتلة الحيوية (قشور الموز). تم ترشيح محلول التعليق الأصفر عدة مرات باستخدام مرشح حقنة $0.2\mu m$ للحصول على محلول نقاط الكربون.

2.3.III. النتائج والمناقشة:

❖ أظهرت الأشعة فوق البنفسجية UV-VIS امتصاص لنقاط الكربون المحضرة ذروة عند حوالي 280nm، والتي تُعزى إلى الانتقال $\pi-\pi^*$ للنطاق C=C والانتقال من π^* n- للنطاق C=O كما يشير اللعان الأزرق القوي تحت ضوء الأشعة فوق البنفسجية إلى خصائص بصرية ممتازة و قدرتها العالية على امتصاص جزيئات الكربون في المذيب.

- ❖ تبين صور TEM التوزيع المنتظم لنقاط الكربون الكمومية ذات الأحجام المختلفة التي تتراوح من 3nm الى 6 nm. بإضافة إلى ذلك تظهر صور TEM أن قطرها يتراوح حوالي 0.128 nm.
- ❖ تظهر الأشعة السينية XPS المستعملة لتحديد المجموعات الوظيفية السطحية و التركيبات الكيميائية لنقاط الكربون المحضرة حيث أشار مسح XPS إلى وجود قمتان ملحوظتان عند 285ev و 532 ev والتي تعود لعنصر الكربون والأكسجين على التوالي وأشارت الأشعة السينية XPS أيضا إلى وجود مجموعات وظيفية (الهيدروكسيل والكربونيل ..).
- ❖ أظهر التحليل الطيفي لرامان عند الطول الموجي يبلغ 632.8 nm إلى وجود نقاط الكربون، حيث اظهرت أطيف PL تحت أطوال موجية من 300 nm إلى 460 nm، يشير نطاق الإثارة الواسع لقياسات PL إلى أن الحد الأقصى لإنبعاثات الفلورية للنقاط الكربونية حوالي 450 nm، وطول موجة الإثارة 380 nm.

4.III. الدراسة الرابعة :

Carbon dots production via pyrolysis of sago waste as potential probe for metal ions sensing ^[4] .

إنتاج نقاط الكربون عن طريق الانحلال الحراري لنفايات الساجو كمسبار محتمل لاستشعار أيونات المعادن

1.4.III. طريقة العمل:

تم تحضير نقاط الكربون الكمومية بواسطة طريقة الإنحلال الحراري، بإختصار تم وزن الكتلة المناسبة من نفايات الساجو المجففة في بوتقة ونقلها إلى فرن (تتراوح من 250C° إلى 450C°) لمدة 1 h. بعد عملية الحرق، يُترك المنتج الناتج ليبرد إلى درجة حرارة الغرفة في مجفف 10. تم وزن كمية محددة من 0.01g من

نفايات الساغو المعالجة حرارياً في دورق حجمي و تشتيتها بـ 10 ml من الماء عالي النقاوة. بعد ذلك تجانس الخليط تحت صوتية (بالموجات فوق الصوتية) لمدة ساعتين ثم تعريض للتردد المركزي عند 13400 دورة في الدقيقة لمدة 20 min لإزالة الجسيمات الغير متشتتة.

III.2.4.2. النتائج والمناقشة :

❖ أظهرت صور SEM للنقاط الكربون المشتقة من عينات نفايات الساغو المعالجة عند $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ وجود مجموعات كبيرة من الجسيمات ذات الأشكال غير المنتظمة كانت أحجام الجسيمات في حدود 37 nm إلى 66 nm، بينما أظهرت هذه النقاط عند معالجتها عند درجة حرارة $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ أشكال كروية أكثر انتظاماً وكانت الجسيمات مشتتة جيداً بأحجام تتراوح من 6 nm إلى 17 nm.

أظهر طيف FTIR لعينة من نقاط الكربون المحضرة التي تمت معالجتها عند $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ قمم امتصاص مميزة لـ OH- في مجموعة الكحول أو الفينول عند 3394.60 cm^{-1} ، وشريط اهتزاز الممتد ألكيل CH- عند 2928.54 cm^{-1} ، ونطاق اهتزاز التمدد من رابطة ثاني أكسيد الكربون في مجموعات حمض الكربوكسيل والأميد عند 1718.72 cm^{-1} و 1633.51 cm^{-1} ، على التوالي، ونطاق اهتزاز الانحناء لرابطة C-H العطرية عند 862.14 cm^{-1} ، مما يشير إلى وجود الكحول أو الفينول، الألكيل، الكربوكسيل المجموعات الحمضية والأميد والعطرية.

III.5. الدراسة الخامسة :

Green preparation of fluorescent carbon dots from lychee seed and its application for selective detection of methylene blue and imaging in living cells ^[5].

التحضير الأخضر لنقاط الكربون الفلورية من بذور الليتشي وتطبيقه للكشف الانتقائي عن الميثيلين الأزرق والتصوير في الخلايا الحية

1.5.III. طريقة العمل:

تم تحضير نقاط الكربون الكمومية عن طريق الإنحلال الحراري لبذور *Lychee Seed*. تم وضع هذه البذور في بوتقة، وتم تفحيمها عند درجة حرارة 300°C لمدة ساعتين بمعدل تسخين $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$. بعد التبريد تم طحن الناتج إلى مسحوق ناعم. بعد ذلك، تمت إضافة 0.1g من العينة الناتجة إلى 10ml من الماء النقي وعرضت إلى الموجات فوق الصوتية لتشكيل محلول مصفر. تم جمع نقاط الكربون عن طريق إزالة الجزيئات الأكبر من خلال الترشيح باستخدام غشاء ترشيح ($0.22\ \mu\text{m}$ من حجم المسام). تم الإحتفاظ بمحلول الذي تم الحصول عليه عند 4°C .

2.5.III. النتائج والمناقشة:

- ❖ أظهرت نتائج تحليل صور TEM شكل وبنية النقاط الكمية لكربون والتي تظهر كجزيئات كروية بأقطار تتراوح من $0.4\ \text{nm}$ إلى $2.0\ \text{nm}$ ومتوسط حجمها يبلغ حوالي $1.12\ \text{nm}$.
- ❖ أظهر التحليل الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية أن الميثيلين الأزرق يمكن أن يرتبط ببعض النقاط الكربون الكمومية المعدنية كما يمكن إخماد انبعاث هذه النقاط عبر عملية نقل الإلكترون.
- ❖ أظهرت نتائج ATG أن تكوين النقاط الكربون المحضرة هو 65.58% بالوزن بالنسبة للكربون و 3.28% بالوزن بالنسبة للهيدروجين و 29.44% بالوزن بالنسبة لي الأكسجين يشير هذا المحتوى العالي من الكربون والأكسجين إلى أن الجسيمات التي تم الحصول عليها تكون عبارة عن

مادة كربونية نانوية مع عدد كبير من المجموعات الكربوكسيلية على السطح تميزت هذه المجموعات الوظيفية موجودة بمنحنى مطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء.

❖ وضح فحص خصائص العينة بضوء الأشعة فوق البنفسجية الإنارة لنقاط الكربون الكمومي حيث أخذ لونا أزرقًا قويًا يظهر عندما يتم تشعيع بالإضافة إلى ذلك ، يكون محلول العينة شديد الشفافية في ظل الظروف المحيطة هذا يشير إلى تشتت مائي ممتاز لنقاط الكربون الكمومية بسبب عدد كبير من المجموعات الأминية المحبة للماء المثبتة على السطح.

❖ تم فحص تأثير القوة الأيونية لنقاط الكربون الكمومية في محلول 10mM وفي درجة حموضة عالية وتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم أظهرت النتائج على ان شدة التألُق ثابتة في نطاق واسع وانها لم تتغير بشكل واضح بعد الإثارة المستمرة من ضوء الأشعة فوق البنفسجية، هذا يشير إلى ثبات ضوئي ممتاز لنقاط الكربون الكمومي.

6.III. الدراسة السادسة :

Green synthesis of stable and biocompatible fluorescent carbon dots from peanut shell for multicolor living cell imaging^[6] .

التوليف الأخضر لنقاط الكربون الفلورية المستقرة والمتوافقة حيويًا من قشرة الفول السوداني لتصوير الخلايا الحية متعدد الألوان.

1.6.III. طريقة العمل:

تم توليف نقاط الكربون باستخدام نفايات قشور الفول السوداني مما يوفر إمكانية إنتاج ضخّم لنقاط الكربون في مدة وجيزة مع عائد كمي يبلغ حوالي 9.91% وذلك بطريقة الإنحلال الحراري البسيط حيث تم

وضع قشرة الفول السوداني في بوتقة، وتم تفحيمها عند درجة حرارة 250°C و لمدة ساعتين بمعدل تسخين $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$. بعد التبريد إلى درجة حرارة الغرفة، تم طحن الناتج بعد ذلك ، تم تشتيت 0.1g من العينة التي تم الحصول عليها بالموجات فوق الصوتية في 10ml من الماء النقي للحصول على محلول متجانس. بعد ذلك تم جمع نقاط الكربون عن طريق إزالة الجزيئات الكبيرة من خلال الترشيح بغشاء ترشيح $0.22\mu\text{m}$ من حجم المسام. يتم حفظ نقاط الكربون التي تم الحصول عليه عند 4°C .

III.2.6. النتائج والمناقشة:

❖ توضح صورة TEM هيكل نقاط الكربون الكمومية المشتت وتظهر أيضا شكلها الكرويا الذي

يتراوح قطره من 0.4nm إلى 2.4nm بمتوسط حجم 1.62 nm .

❖ توضح صور HR-TEM التباين الشبكي الموجد في نقاط الكربون المحضرة الذي قدره nm

0.338، يتوافق هذا التباين مع التباين الموجد بين مستويات (طبقات) الجرافيت (002) .

❖ أظهر حيود الأشعة السينية XRD ذروة أوسع (002) متمركزة عند حوالي 23.5° والتي تُعزى إلى

ذرات الكربون شديدة الاضطراب وتؤكد بنية الجرافين لنقاط الكربون المحضرة.

❖ أظهر تحليل الأشعة تحت الحمراء FTIR وجود قمم عند (1634 ، 1747 ، 2927 ، 3443 ،

1384 ، 1097 و 959 cm^{-1} التي تعود الى المجموعات الوظيفية التالية

C–O/C–N ، --COO ، C=O ، C–H ، –OH/N–H وحلقة الايبوكسي، على التوالي يشير

وجود المجموعات الوظيفية في الكربون المحضر على قابليتها العالية على الذوبان في الماء.

❖ أظهرت تحاليل الأشعة السينية XPS المستعملة لتحديد حالة السطح ومعرفة تكوين نقاط الكربون المحضرة حيث أشار مسح XPS إلى وجود ثلاث قمم عند 285 و 400 و 532 eV والتي تعود لـ C و N و O على التوالي كما أظهرت تواجد الكربون بنسبة 57.16% بالوزن، والهيدروجين 2.58% بالوزن، والنيتروجين 2.66% بالوزن و الأوكسجين بنسبة 37.60% بالوزن. كما تؤكد النتائج المذكورة أن الجسيمات التي تم الحصول عليها عبارة عن مادة كربونية نانوية (نقاط الكربون الكمومية) تحتوي على العديد من المجموعات الوظيفية بما في ذلك مجموعات الكربوكسيل والهيدروكسيل والأمينية الموجدة على السطح.

7.III. الدراسة السابعة:

Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source ^[7].

تركيب سهل لنقاط الكربون الفلورية باستخدام قشر البطيخ كمصدر للكربون

1.7.III. طريقة العمل:

تم تحضير نقاط الكربون عالية الجودة و بسهولة وذات تكلفة منخفضة وذلك باستخدام نفايات قشور البطيخ، من خلال عملية الكربنة (الانحلال الحراري) والترشيح بدرجة حرارة منخفضة. يتم تقحيم قشر البطيخ الطازج أولاً عند 220°C لمدة ساعتين تحت الضغط الجوي. تم تشتيت الناتج الذي تم الحصول عليه في ماء عالي النقاوة تحت الموجات فوق الصوتية لمدة 30 دقيقة، ثم تم ترشيحه باستخدام غشاء مرشح 0.2 µm تليها عملية الطرد المركزي، وبعد ذلك يتم غسل المادة الناتجة التي تحتوي على نقاط الكربون.

2.7.III. النتائج والمناقشة:

❖ أظهرت صورة HRTEM أن نقاط الكربون التي تم الحصول عليها على شكل كروي موحد بقطر 0.5 ± 2.0 nm غير متبلورة.

❖ يُظهر طيف رامان للنقاط الكربون قمتين عريضتين عند حوالي 1347.3cm^{-1} و 1583.4^1 ، يُعزى إلى النطاق D (تهجين sp^3) والنطاق G (تهجين sp^2) ، على التوالي. يشير إلى أن كلا النطاقين نقاط الكربون غير متبلورة وهذا ما يؤكد تحليل HRTEM.

❖ كما يكشف التحليل التركيبي للـ EDX انه يتكون من الكربون بنسبة 64.65% والهيدروجين بنسبة 7.67% والنيروجين بنسبة 1.13% والأكسجين بنسبة 26.55% كما يشير المحتوى العالي من الكربون والأكسجين إلى أن الجسيمات التي تم الحصول عليها تكون عبارة عن نقاط الكربون الكمومية.

❖ تُظهر الأشعة السينية XPS للنقاط الكربون قمتين رئيسيتين لذرات الكربون عند 284.5eV التي تعود (لتهجين C-C، sp^3) و 287.8eV (لتهجين C=O، sp^2) ، على التوالي. أظهر أطياف الأشعة تحت الحمراء قمم الإمتصاص عند 1580cm^{-1} و 1633cm^{-1} و التي تعاود إلى تمدد الرابطة C=O، مما يشير إلى وجود مجموعات الكربوكسيل.

8.III. الدراسة السابعة:

Synthesis of carbon quantum dots from apple juice and graphite: investigation of fluorescence and structural properties and use as an electrochemical sensor for measuring Letrozole ^[8].

توليف النقاط الكمومية للكربون من عصير التفاح والجرافيت: التحقيق في التألق والخصائص الهيكلية واستخدامها كمستشعر كهروكيميائي لقياس ليتروزول.

1.8.III. طريقة العمل:

توليف النقاط الكمومية من عصير التفاح:

بالطريقة الحرارية المائية، تم خلط 40ml من عصير التفاح الطبيعي مع 30ml من الإيثانول (96%) وتعقيمه بالبخار لمدة 40 min عند 120°C . مختلطة مع 40 ml من الكلوروفورم في قمع فصل ويقلب للفصل. تم فصل المحلول المائي المنفصل عند 3000 دورة في الدقيقة وتم فصل المواد ذات التألق المنخفض. ثم تمت إضافة 20ml من الأسيتون إلى المحلول المائي المتبقي وطرده مركزياً بسرعات أعلى من 10000 دورة لمدة 20min. بهذه الطريقة، تم تحضير نقاط الكربون ذات الفلورية العالية بحجم يتراوح بين 4nm و 10 تم تركيز المحلول النهائي بالتجميد الجاف إلى حجم 5ml وحفظه في درجة حرارة منخفضة.

2.8.III. النتائج والمناقشة:

❖ تظهر أطياف FTIR لنقاط الكمومية للكربون المركبة كهربائياً من الجرافيت عند الذروة cm^{-1} 4350 لمجموعات OH. تشير هذه الذروة أيضاً إلى وجود COOH على سطح الجسيمات النانوية الكمية. كما تدل الذروة عند cm^{-1} 1640 إلى وجود مجموعات الكربونيل على سطح الجسيمات النانوية.

❖ أظهرت صور TEM، ان طريقة التوليف وشدة التيار المطبق هي عوامل مهمة في حجم الجسيمات والتشكل، حيث يصبح حجم الجسيمات أكبر مع زيادة شدة التيار المطبق، والذي يرجع إلى التراكم المشترك لجزيئات الكربون ذات النقاط الكمومية بسبب الطاقة العالية المطبقة.

❖ أكد مخطط الفولتاموجرام أن القطب المعدل بنقطة كمومية كربونية مركبة كهربائياً بقوة 100mA، في وجود ليتروزول أظهر زيادة جيدة في التيار. لذلك، نظراً لحقيقة أن GCE

المعدل بنقطة كمية للكربون (تم توليفها بالطريقة الكهروكيميائية في شدة التيار 100 mA) أظهر ذلك سلوكًا كهروكيميائيًا أكثر ملائمة من الأقطاب الكهربائية الأخرى ، فإن هذا القطب كقطب كهربائي مثالي لبناء المستشعر وتحليل الأدوية.

9.III. الدراسة التاسعة:

Crown daisy leaf waste–derived carbon dots: A simple and green fluorescent probe for copper ion^[9].

النقاط الكربونية المشتقة من نفايات أوراق الأقحوان التاجية: مسبار فلوري بسيط وأخضر لأيون النحاس

1.9.III. طريقة العمل:

تم وضع أوراق الأقحوان التاجية أولاً في فرن عند درجة حرارة 55°C لمدة 10 ساعات ثم تم طحنها إلى مسحوق؛ أخذنا 1.023g و وضعها في 33 ml من الماء شديد النقاء وأضيف 0.532g من اليوريا. تم تقليب الخليط لتكوين خليط موحد، ثم يتم غلقه في الأوتوكلاف للتفاعل الحراري المائي ساعة 50ml ويترك في فرن يجف بالهواء عند 140°C لمدة 5 ساعات. بمجرد أن يبرد إلى درجة حرارة الغرفة، تمت معالجة الخليط الناتج عن طريق الطرد المركزي (10000 دورة في الدقيقة) لمدة 20 min، في الأخير تم الحصول على محلول نقاط الكربون الكمومي ذي اللون مصفر المائل إلى البرتقالي.

2.9.III. النتائج والمناقشة:

❖ يوضح إجراء الفحص المجهر الإلكتروني عالي الدقة HRTEM الأقرص المضغوطة من CDs كانت مشتتة جيداً وكانت أحجام القطر بين 5 - 10 nm، والتي تعرض البنية الشبكية المميزة لأقرص الكربون الكمومي ذات التباعد الشبكي بحجم 0.31nm تقريبًا.

- ❖ أظهرت نتائج مطيافية فورييه FTIR من المجموعتين N-C₃ و N-H عند 531.6 eV و 533.3 في (الشكل ثلاثي الأبعاد) إلى مجموعتي C=O و C-OH/C-O-C.
- ❖ أظهرت أطوال موجات التلألؤ الضوئي إنزياحاً أحمر وتناقصت الشدة مع زيادة الطول الموجي للإثارة والتي تتراوح أطوال موجات التلألؤ الضوئي من 300 nm إلى 400.
- ❖ ظهرت زيادة كبيرة في شدة التلألؤ الضوئي لنقاط الكربون الكمومي مع قيمة الأس الهيدروجيني من 2 إلى 6، بينما انخفضت شدة التلألؤ الضوئي عندما زادت قيمة الأس الهيدروجيني إلى 8، ظهرت النتائج أن أداء التلألؤ الضوئي الأمثل حدث عند الأس الهيدروجيني 6.

10.III. الدراسة العاشرة :

Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging^[10].

التوليف المستدام لنقاط الكم الكربونية من نفايات قشر الموز باستخدام العملية الحرارية المائية للتصوير الحيوي في الجسم الحي

10.III. 1 طريقة العمل:

تم توليف نقاط الكربون الكمومية من نفايات قشر الموز بواسطة الطريقة المائية الحرارية مع مردود كمي جيد بنسبة 20% بدون إضافة أي مواد كيميائية. حيث تم طحن نفايات قشر الموز جيداً و خلط القليل منها مع الماء ووضعها بالأوتوكلاف المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ المبطن بالتفلون، وتم تسخينه لمدة 24h عند 200°C. ثم ترشيح المنتج الخام الذي تم الحصول عليه الذي حمل اللون البني المائل إلى الأصفر

باستخدام غشاء إستر سليلوز ($0.22 \mu\text{m}$) لإزالة الجزيئات الكبيرة. أخيرًا تم جمع محلول أصفر بني مائل إلى البني (نقاط الكربون الكمومية) و تخزين محلول المستخلص في الثلاجة والحفاظ عليه عند 4°C .

III.2.10. النتائج والمناقشة:

❖ توضح صور TEM مدى حجم الجسيمات الذي يتراوح من 4 nm الى 6 nm وكان متوسط قطر الجسيمات حوالي 5 nm مما يشير إلى أن الجسيم في توزيع ضيق وذات شكل كروي.

❖ كشفت صور HRTEM أن النقاط الكربون الكمومية المحضرة لها أطراف شعيرية جيدة ، مما يعني وجود بنية بلورية جيدة. والسطح الداخلي لنقاط الكربون شديد البلورية مقارنة بالسطح الخارجي للنقاط الكربون. وأظهرت نقاط الكربون تباعدًا شبكيًا تقريبًا 0.21nm والذي يتوافق مع المستوى (0 0 1) الذي يعود لبنية الجرافين.

❖ يُظهر نمط الحيود للأشعة XRD للنقاط الكربون الكمومية المُصنَّعة القمم المتمركزة عند $2\theta = 23^\circ$ و $2\theta = 42.5^\circ$ المقابلة للتموضع (2 0 0) و (0 0 1) للمواد القائمة على الكربون.

❖ أظهر طيف رامان لنقاط الكربون المحضرة قمتين عريضتين عند 1360cm^{-1} و 1592cm^{-1} . تعاود القمة الأولى لنطاق D ، والذي يُعرف بأنه يتحول إلى بلورات مضطربة من الجرافيت. كما تعاود القمة الثانية لنطاق G من الجرافيت.

❖ تضرر التحليل الطيفي بتقنية FTIR قمم التي تمت ملاحظتها عند 3366cm^{-1} و 3277cm^{-1} ، التي تعاود إلى اهتزازات التمديد لمجموعات OH^- و N-H على التوالي. كما لوحظت اهتزازات تمديد متماثلة C-H عند 2936cm^{-1} و 2868cm^{-1} على التوالي. تتوافق القمم الواقعة حول (1686 و 1570 و

مع المجموعات الوظيفية المعنية $C-O-C$ و $C-C$ و $C-N-C$ و 1395 و 1290 و 1072 cm^{-1} سهمت كل هذه الوظائف في جعل نقاط الكربون المحضرة ذات قابلية ذوبان عالية في الماء.

❖ أظهرت تحليل XPS المستعملة من أجل تحديد حالات السطح (الوظائف والتكوين الأولي) لنقاط الكربون الكمومية، ثلاثة نطاقات عند حوالي 285 و 400 و 533 eV تكشف عن وجود الكربون والنتروجين والأكسجين على التوالي، مع وجود النسبة الذرية لـ C ، N ، O هي 83% ، 3% ، 14% .

❖ يوضح طيف منحنى الامتصاص (الأشعة فوق بنفسجية UV-vis) لنقاط الكربون الكمومية المصنعة نطاقات الامتصاص الواسعة عند 277 nm و 322 nm التي ترتبط بالنطاق الانتقالي النموذجي $\pi \rightarrow \pi^*$ للنطاق العطري sp^2 ($C-C$) المدارات الهجينة و $\pi \rightarrow n^*$ الانتقال لنطاق المدارات الهجينة sp^3 ($C-O$)، على التوالي.

المراجع

- [1] S. Thambiraj and R. Shankaran, "Green synthesis of highly fluorescent carbon quantum dots from sugarcane bagasse pulp," *Applied Surface Science*, vol. 390, pp. 435-443, 2016.
- [2] A. Tyagi, K. M. Tripathi, N. Singh, S. Choudhary, and R. K. Gupta, "Green synthesis of carbon quantum dots from lemon peel waste: applications in sensing and photocatalysis," *RSC advances*, vol. 6, pp. 72423-72432, 2016.
- [3] T. N. Nguyen, P. A. Le, and V. B. T. Phung, "Facile green synthesis of carbon quantum dots and biomass-derived activated carbon from banana peels: synthesis and investigation," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1-10, 2020.
- [4] X. W. Tan, A. N. B. Romainor, S. F. Chin, and S. M. Ng, "Carbon dots production via pyrolysis of sago waste as potential probe for metal ions sensing," *Journal of analytical and applied pyrolysis*, vol. 105, pp. 157-165, 2014.
- [5] M. Xue, M. Zou, J. Zhao, Z. Zhan, and S. Zhao, "Green preparation of fluorescent carbon dots from lychee seeds and their application for the selective detection of methylene blue and imaging in living cells," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 3, pp. 6783-6789, 2015.
- [6] M. Xue, Z. Zhan, M. Zou, L. Zhang, and S. Zhao, "Green synthesis of stable and biocompatible fluorescent carbon dots from peanut shells for multicolor living cell imaging," *New Journal of Chemistry*, vol. 40, pp. 1698-1703, 2016.
- [7] J. Zhou, Z. Sheng, H. Han, M. Zou, and C. Li, "Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source," *Materials Letters* vol. 66, pp. 222-224, 2012.
- [8] S. Borna, R. E. Sabzi, and S. Pirsai, "Synthesis of carbon quantum dots from apple juice and graphite: investigation of fluorescence and structural properties and use as an electrochemical sensor for measuring Letrozole," *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 32, pp. 10866-10879, 2021.
- [9] W. Xiao-Yan, H. Xue-Yan, W. Tian-Qi, and F. Xu-Cheng, "Crown daisy leaf waste-derived carbon dots: A simple and green fluorescent probe for copper ion," *Surface and Interface Analysis*, vol. 52, pp. 148-155, 2020.
- [10] R. Atchudan, T. N. J. I. Edison, M. Shanmugam, S. Perumal, T. Somanathan, and Y. R. Lee, "Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging," *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, vol. 126, p. 114417, 2021.

الخاتمة

الختامة

تعد النقاط الكمومية الكربونية (CQDs) بأنها كربون صغير الجسيمات النانوية مع ميزات بارزة مثل الموصلية، الإستقرار الكيميائي العالي، صديقة للبيئة، امتصاص بصري واسع النطاق، سمية منخفضة، وفي هذا الصدد وبشكل أساسي سلطنا الضوء عن طرق توليف نقاط الكربون الكمومية من الكتلة الحيوية للمواد ذات تكلفة منخفضة (نفايات الطعام ... الخ) ، تملك هذه النقاط العديد من الخصائص المميزة التي أدت إلى تنوع استخدامها في العديد من المجالات، كما تكمن الفائدة الأساسية من توليف نقاط الكربون في مساهمته في التقليل من بعض المشاكل البيئية كمشكلة النفايات.

تركز هذه المراجعة على مختلف التقنيات التحليلية المتنوعة المستعملة في الكشف عن نقاط الكربون الكمومية ومعرفة تركيبها الكيميائية وبنيتها وتحديد المجموعات المتوجدة على السطح .. الخ ك تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) و التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FTIR) و مطياف رامان لتحليل ، و التحليل الطيفي المرئي فوق البنفسجي (UV-vis)، وتقنيات التوصيف الكهربائية كقياس الفولتميتر الدوري (CV)، التحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS) والتحليل الحراري الوزني (TGA).

ملخص

نقاط الكربون الكمومية هي عبارة عن جسيمات نانوية صغيرة، حجمها أقل من 10 nm مع ميزات ذات أهمية مثل الموصلية، الإستقرار الكيميائي العالي، وصديقة للبيئة، و ذات امتصاص بصري واسع النطاق، وسمية منخفضة، وانبعثات ضوئي قوي وخصائص بصرية، كما يتم توليفها من المواد التي تحتوي على نسب عالية من الكربون، يمكن توليف نقاط الكربون الكمومي "من أعلى إلى أسفل" ويشمل التقشير الكيميائي، الاستئصال بالليزر، الموجات فوق الصوتية و "من أسفل إلى أعلى" ويشمل التوليف بالميكروويف و الطريقة المائية الحرارية و باستعمال المذيب...إلخ. لنقاط الكربون العديد من التطبيقات كالتصوير الحيوي والطب الحيوي والإلكترونيات الضوئية و الإستشعار، والطاقة. هناك عدة تقنيات للكشف عن نقاط الكربون الكمومية، بما في ذلك حيود الأشعة السينية (XRD) و التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FTIR) و مطياف رامان لتحليل التركيب الكيميائي والترابط لنقاط الكربون الكمومية، أيضا التحليل الطيفي المرئي فوق البنفسجي (-UV vis)، وتقنيات التوصيف الكهربائية مثل قياس الفولتميتر الدوري (CV)، والتحليل الطيفي الكهروضوئي بالأشعة السينية (XPS) والتحليل الحراري الوزني (TGA).

الكلمات المفتاحية: نقاط الكربون، جسيمات، توليف، التوصيف.

Abstract

Carbon quantum dots are small nanoparticles, less than 10 nanometers in size with important properties such as conductivity, high chemical stability, environmental friendliness, wide optical absorption band, low toxicity, strong photoemitting and optical properties, and are synthesized from materials with high proportions of Carbon, carbon quantum dots can be manufactured "top to bottom" and include chemical peels, laser ablation, ultrasound and bottom up including microwave synthesis, hydrothermal method, solvent use...etc. Carbon dots have many applications such as bioimaging, biomedicine, optoelectronics, sensing, and energy. There are several techniques for carbon quantum dot detection, including X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (FTIR), Raman spectroscopy to analyze the chemical composition and bonding of carbon quantum dots, and ultraviolet-visible (UV-vis) spectroscopy. , and electrical characterization techniques such as cyclic voltammetry (CV), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and thermogravimetric analysis (TGA).

Keywords: Carbon points, particles, synthesis, characterization