

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

**ماستر أكاديمي**

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

**إعداد الطالبات:**

ستو بثينة

مليك عائشة

منيعة شهرزاد

**الموضوع**

**إستخلاص السيليكا من المخلفات الزراعية لقشور الفول السوداني و الجوز**

نوقشت يوم: 17 / 6 / 2020 أمام اللجنة المكونة من:

|        |                                |               |                     |
|--------|--------------------------------|---------------|---------------------|
| رئيسا  | جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي | أستاذ محاضر ب | د. رواحنه نور الدين |
| مناقشا | جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي | أستاذ محاضر ب | د. رغيوه عبد الله   |
| مؤطرا  | جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي | دكتور         | د. بن الصغير البشير |

---

---

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

---

---

# الإهداء

أهدي ثمرة هذا العمل إلى من أفتخر بأبوته و أحمل إسمه أبي العزيز **جيلاني عليك** أسكنه الله  
فسيح جنانه و إلى من علمتني الصبر والكفاح إلى حبيبتي أمي الغالية **مريم ناجية** حفصها لله و أطال  
في عمرها.

إلى أخوتي **عمر و صالح، والحسين، و خالد** وأخواتي **مطيرة و عزيزة، و زمرة و جميلة**، و كل الأهل  
والأقارب، إلى جميع الأصدقاء، إلى كل من عرفته من قريب أو بعيد،  
إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم أساتذتي الأفاضل،  
و إلى كل من سقط سهوا من قلبي ولم يسقط من قلبي.

## عائشة

أهدي ثمرة جهدي إلى التي من بحر حبها أغرقتني ومن نبع حنانها سقتني، و في أعلى درجات الأنام  
رأتني ونزعت من طيب خاطرها وأسعدتني، ربنتي علمتني أكرمتني أمي **سعيدة مسعودة**  
إلى من أفتخر بأبوته و أحمل إسمه و فارق الراحة لأجلي ولمكارم الأخلاق علمني، إلى من القلب  
يهواه والروح فداه والعين ترتاح لرؤيته **أبي بلقاسم منبجي**  
إلى الذين قاسموني حلو العيش ومرارته إلى من تضحك عيونهم حين أنجح وتبكي حين أضما إلي كافة  
**إخوتي وأخواتي**

إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم أساتذتي الأفاضل  
إلى كل أصدقائي و رفقاء دراستي  
وإلى كل من لم يذكرهم لساني ولم يخطهم قلبي

## شمسزاد

أهدي هذا العمل المتواضع إلى أمي الغالية **وردة زهالي**، وأبي الحنون **ستو ميلود** و إلى من كانوا  
يضيئون قناديل العلم و المعرفة في قلبي إخوتي و أصدقائي.

## بثينة

# شكر و عرفان

الحمد والشكر لله الذي رزقنا العقل وحسن التوكل عليه سبحانه وتعالى

وألهمنا الصبر ووفقنا إلى إتمام هذا العمل، والصلاة والسلام على نبيه محمد و على آله وصحبه أجمعين  
وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والإمتنان والتقدير والمحبة إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم  
والمعرفة وسهروا من أجل ارتقائنا وفي مقدمتهم الدكتور الفاضل **بن الصغير البشير** الذي أشرف على  
إنجاز هذا العمل، وكان نورا يضيء الظلمة التي تقف أحيانا في طريقنا، و نشكره على مجهوداته  
ونصائحه القيمة وتوجيهاته السديدة التي كانت عوناً لي في إتمام هذا العمل كله فله منا فائق الشكر  
والتقدير.

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

كما أتوجه بأرقى عبارات الشكر والعرفان إلى كل من تقدم لنا بالدعم وخاصة طاقم الأساتذة و  
أخص بالذكر: **الدكتور لعويني صلاح الدين، و الدكتور ربيعي عبد الكريم، و الدكتورة همامي  
هادية، و الأستاذة زغود سمية و المخبرية نسيبة علاق.**

## قائمة الرموز

| الرمز           | المعنى   |
|-----------------|--|
| g               | الغرام وحدة قياس الكتلة                                  |
| pH              | درجة الحموضة   |
| IR              | الأشعة تحت الحمراء                                       |
| ml              | وحدة قياس الحجم  |
| °C              | وحدة قياس درجة الحرارة                                   |
| h               | الساعة   |
| M               | المولارية  |
| FTIR            | جهاز الأشعة تحت الحمراء                                  |
| ATR             | الإنعكاس الكلي المنخفض                                   |
| MEB             | جهاز المسح المجهر الإلكتروني                             |
| Pa              | الباسكال   |
| d               | مسافة العينة   |
| $\lambda$       | طول الموجة   |
| n               | عدد صحيح   |
| $\Theta$        | زاوية حدوث الأشعة السينية                                |
| $\tilde{\nu}$   | العدد الموجي   |
| $A^0$           | أنقشتروم   |
| TS              | محتوى الرماد   |
| MC              | محتوى الرطوبة  |
| %               | نسبة مئوية   |
| TDN             | المركبات الغذائية المهضومة<br>Total Digestible Nutrients |
| mm              | مليمتر   |
| Kcal            | كيلو كالوري  |
| m <sup>3</sup>  | وحدة قياس الحجم  |
| mol             | المول  |
| nm              | النانومتر  |
| nm <sup>2</sup> | النانومتر <sup>2</sup>                                   |

## قائمة الرموز

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| ثلاثي الأبعاد            | 3D              |
| مساحة السطح المحددة      | BET             |
| المتر مربع               | m <sup>2</sup>  |
| درجة الحرارة             | T               |
| الضغط                    | P               |
| السنتيمتر مكعب           | cm <sup>3</sup> |
| المقاومة الكهربائية      | Ω               |
| السنتيمتر                | cm              |
| وحدة لقياس الإستطاعة     | W               |
| الكلفن                   | °K              |
| cubic centimètre         | cc              |
| اللتز                    | L               |
| ميكرومتر                 | μm              |
| الميغا باسكال            | MPa             |
| رباعي إيثيل أورثوسيليكات | TEOS            |
| كيلو الغرام              | kg              |
| ملغرام                   | mg              |
| خط طيفي شعاعي            | Kα              |

| الصفحة  | الشكل   |
|---|---|
| <b>الجزء النظري</b>                                     |   |
| <b>الفصل الأول: المخلفات الزراعية</b>                   |   |
| 8   | المخلفات الزراعية الشكل (1-I)                             |
| 8   | يوضح تصنيف المخلفات الزراعية الشكل (2-I)                  |
| 10  | المخلفات البقولية الشكل (3-I)                             |
| 11  | مخلفات سيقان القصب السكري الشكل (4-I)                     |
| 11  | صورة توضح مخلفات نخيل التمر الشكل (5-I)                   |
| 12  | مخلفات الخضر الشكل (6-I)                                  |
| 14  | الكميات الجافة للمخلفات الزراعية الشكل (7-I)              |
| 16  | الكمبوست الشكل (8-I)                                      |
| <b>الفصل الثاني: عموميات حول الفول السوداني و الجوز</b> |   |
| 23  | نبات الفول السوداني <i>Arachishypogea L.</i> الشكل (1-II) |
| 25  | أوراق الفول السوداني الشكل (2-II)                         |
| 26  | زهرة الفول السوداني الشكل (3-II)                          |
| 27  | ثمار الفول السوداني الشكل (4-II)                          |
| 28  | بذور الفول السوداني الشكل (5-II)                          |
| 29  | الفول السوداني ذو السيقان الزاحفة الشكل (6-II)            |
| 30  | فول السوداني ذو السيقان القائمة الشكل (7-II)              |
| 35  | صورة موضحة لغصن الجوز الشكل (8-II)                        |
| 36  | أوراق نبات الجوز العادي الشكل (9-II)                      |
| 37  | مراحل تشكل ثمار الجوز الشكل (10-II)                       |
| 38  | ثمار الجوز الأسود الشكل (11-II)                           |
| 39  | ثمار الجوز الأبيض الشكل (12-II)                           |
| <b>الفصل الثالث: عموميات حول السيليكات</b>              |   |
| 49  | أهم مصادر السيليكات الشكل (1-III)                         |
| 54  | بنية السيليكات الشكل (2-III)                              |

|  |   |               |
|--|---|---------------|
| 56                                     | طرق إستخراج السيليكا  | الشكل (3-III) |
| <b>الجزء العملي</b>                    |   |               |
| <b>الفصل الرابع: المواد والطرق</b>     |   |               |
| 71                                     | قشور الفول السوداني   | الشكل (1-IV)  |
| 71                                     | قشور الجوز  | الشكل (2-IV)  |
| 72                                     | قشور الفول السوداني بعد الطحن                                 | الشكل (3-IV)  |
| 72                                     | قشور الجوز بعد الطحن  | الشكل (4-IV)  |
| 73                                     | يوضح معالجة قشور الفول السوداني المطحونة بواسطة<br>محلول HCl  | الشكل (5-IV)  |
| 74                                     | يوضح معالجة قشور الجوز المطحونة بواسطة محلول HCl              | الشكل (6-IV)  |
| 74                                     | القشور بعد الحرق  | الشكل (7-IV)  |
| 75                                     | يوضح معالجة العينات المحروقة بواسطة محلول NaOH                | الشكل (8-IV)  |
| 75                                     | المستخلص بعد المعالجة بواسطة محلول NaOH (سيليكات<br>الصوديوم) | الشكل (9-IV)  |
| 76                                     | يوضح عملية تعديل درجة الحموضة بواسطة $H_2SO_4$                | الشكل (10-IV) |
| 77                                     | مخطط يوضح طريقة العمل لإستخلاص السيليكا                       | الشكل (11-IV) |
| 80                                     | طريقة وضع العينات السائلة في مكان وضع العينة لجهاز<br>ATR     | الشكل (12-IV) |
| 81                                     | طريقة وضع العينات الصلبة في جهاز ATR                          | الشكل (13-IV) |
| 81                                     | طريقة ضغط الذراع على العينات في جهاز ATR                      | الشكل (14-IV) |
| 82                                     | طريقة وضع العينة في جهاز IR-ATR                               | الشكل (15-IV) |
| 83                                     | جهاز المسح المجهري الإلكتروني                                 | الشكل (16-IV) |
| 84                                     | أدوات جهاز المسح المجهري الإلكتروني                           | الشكل (17-IV) |
| 86                                     | مبدأ Diffractomètre في هندسة براج                             | الشكل (18-IV) |
| <b>الفصل الخامس: النتائج والمناقشة</b> |   |               |
| 93                                     | آلية تشكيل سيليكات الصوديوم                                   | الشكل (1-V)   |
| 94                                     | يوضح السيليكا المترسبة  | الشكل (2-V)   |
| 95                                     | طيف الإمتصاص للأشعة تحت الحمراء لقشور الفول<br>السوداني       | الشكل (3-V)   |

## قائمة الأشكال

|     |  |              |
|-----|--|--------------|
| 97  | طيف الإمتصاص للأشعة تحت الحمراء لقشور الجوز                          | الشكل (4-V)  |
| 98  | مطيافية الأشعة تحت الحمراء للسيليكا المستخلصة من قشور الفول السوداني | الشكل (5-V)  |
| 99  | مطيافية الأشعة تحت الحمراء للسيليكا المستخلصة من قشور الجوز          | الشكل (6-V)  |
| 100 | طيف الأشعة السينية (XRD) للسيليكا المستخلصة                          | الشكل (7-V)  |
| 102 | الصورة المجهرية للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الجوز                  | الشكل (8-V)  |
| 103 | يوضح أطياف EDX للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الجوز                   | الشكل (9-V)  |
| 104 | الصورة المجهرية للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الفول السوداني         | الشكل (10-V) |
| 105 | يوضح أطياف EDX للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الفول السوداني          | الشكل (11-V) |

## قائمة الجداول

| الصفحة  | الجدول   |
|---|--|
| <b>الجزء النظري</b>                                     |  |
| <b>الفصل الأول: المخلفات الزراعية</b>                   |  |
| 13  | الجدول(1-I) الكميات الجافة للمخلفات الزراعية المنتجة سنويا                         |
| 15  | الجدول(2-I) يوضح نسب عناصر التركيب الكيميائي لبعض المخلفات الزراعية                |
| <b>الفصل الثاني: عموميات حول الفول السوداني و الجوز</b> |  |
| 31  | الجدول(1-II) التركيب الكيميائي لمكونات بذور الفول السوداني                         |
| 40  | الجدول(2-II) التركيب الكيميائي لثمار الجوز   |
| 41  | الجدول(3-II) إحصائيات إنتاج العالمي للجوز  |
| <b>الفصل الثالث: عموميات حول السيليكا</b>               |  |
| 59  | الجدول(1-III) أهم الخصائص الفيزيائية لثاني أكسيد السيليكون البلوري و الغير البلوري |
| 60  | الجدول(2-III) تفاعل ثاني أكسيد السيليكون مع بعض المواد                             |
| 61  | الجدول(3-III) الخصائص العامة لجميع أنواع السيليكا                                  |
| <b>الجزء العملي</b>                                     |  |
| <b>الفصل الرابع: المواد والطرق</b>                      |  |
| 70  | الجدول(1-IV) يوضح المواد المستعملة في خطوات العمل                                  |
| <b>الفصل الخامس: النتائج والمناقشة</b>                  |  |
| 91  | الجدول(1-V) مقارنة   |
| 100   | الجدول(2-V) دراسة الخصائص الجزيئية و المجموعات الكيميائية الرئيسية                 |
| 101   | الجدول(3-V) يوضح قطر السيليكا المستخرجة من الجوز بإستعمال معادلة Bragg             |
| 101   | الجدول(4-V) يوضح قطر السيليكا المستخرجة من الفول السوداني بإستعمال معادلة Bragg    |

| الصفحة                                | العنوان   |
|---------------------------------------|---|
|                                       | الإهداء   |
|                                       | التشكرات  |
|                                       | قائمة الرموز                                    |
|                                       | قائمة الأشكال                                   |
|                                       | قائمة الجداول                                   |
|                                       | الفهرس  |
| 1                                     | المقدمة العامة                                  |
| <b>الجزء النظري</b>                   |   |
| <b>الفصل الأول: المخلفات الزراعية</b> |   |
| 7                                     | مقدمة   |
| 7                                     | 1.I. تعريف المخلفات الزراعية                    |
| 8                                     | 2.I. أنواع المخلفات الزراعية                    |
| 9                                     | 1.2. I. المخلفات النباتية الحقلية               |
| 9                                     | 1.1.2.I. مخلفات النباتات النجيلية               |
| 9                                     | 2.1.2.I. مخلفات القطن                           |
| 9                                     | 3.1.2.I. مخلفات محاصيل الحبوب الزيتية           |
| 9                                     | 4.1.2.I. مخلفات المحاصيل البقولية               |
| 10                                    | 5.1.2.I. مخلفات المحاصيل السكرية                |
| 11                                    | 6.1.2.I. مخلفات نخيل التمر                      |
| 12                                    | 2.2. I. مخلفات الخضر و الفواكه                  |
| 12                                    | 3.I. إحصائيات المخلفات الزراعية في الوطن العربي |
| 14                                    | 4.I. التركيبة الكيميائية للمخلفات الزراعية      |
| 15                                    | 5.I. أهمية المخلفات الزراعية                    |
| 16                                    | 1.5.I. صناعة الكمبوست ( <i>Composting</i> )     |
| 16                                    | 2.5.I. إنتاج الطاقة                             |
| 17                                    | 3.5.I. أعلاف الحيوانات                          |
| 17                                    | 4.5.I. الصناعة السليلوزية و الألواح المضغوطة    |
| 17                                    | 5.5.I. الزراعة على المخلفات الزراعية            |

|    |  |
|----|--|
| 18 | 6.5.I. إستخدامها للأغراض البنائية                      |
| 18 | خلاصة الفصل  |
| 19 | مراجع الفصل الأول                                      |
|    | <b>الفصل الثاني: عموميات حول الفول السوداني والجوز</b> |
| 22 | مقدمة  |
| 22 | 1.II. الفول السوداني                                   |
| 22 | 1.1.II. لمحة تاريخية                                   |
| 23 | 2.1.II. تعريف نبات الفول السوداني                      |
| 23 | 3.1.II. التصنيف العلمي                                 |
| 24 | 4.1.II. الوصف النباتي                                  |
| 24 | 1.4.1.II. الجذع  |
| 24 | 2.4.1.II. الأوراق                                      |
| 25 | 3.4.1.II. الأغصان                                      |
| 25 | 4.4.1.II. الأزهار                                      |
| 26 | 5.4.1.II. الثمار                                       |
| 27 | 6.4.1.II. البذور                                       |
| 28 | 5.1.II. أنواع الفول السوداني                           |
| 28 | 1.5.1.II. من حيث الوضعية وطبيعة النمو                  |
| 28 | 1.1.5.1.II. ذات السيقان الزاحفة                        |
| 29 | 2.1.5.1.II. ذات السيقان القائمة                        |
| 30 | 2.5.1.II. من حيث العمر                                 |
| 30 | 1.2.5.1.II. فول السوداني ذو ستة أشهر                   |
| 30 | 2.2.5.1.II. الفول السوداني ذو ثلاث أشهر                |
| 31 | 6.1.II. المحتويات الكيميائية للفول السوداني            |
| 31 | 7.1.II. إستعمالات الفول السوداني                       |
| 31 | 1.7.1.II. في غذاء الإنسان                              |
| 32 | 2.7.1.II. الأعلاف الحيوانية                            |

|    |   |
|----|---|
| 32 | 3.7.1.II. في الزراعة                                |
| 32 | 4.7.1.II. في الإستخدام الطبي                        |
| 33 | 5.7.1.II. في الإقتصاد                               |
| 33 | 6.7.1.II. إستخدامات أخرى                            |
| 34 | <b>2.II. الجوز</b>                                  |
| 34 | <b>1.2.II. لمحة تاريخية</b>                         |
| 34 | <b>2.2.II. تعريف الجوز</b>                          |
| 34 | <b>3.2.II. التصنيف العلمي</b>                       |
| 35 | <b>4.2.II. الوصف النباتي</b>                        |
| 35 | 1.4.2.II. الجذر                                     |
| 35 | 2.4.2.II. الأوراق                                   |
| 36 | 3.4.2.II. الثمار                                    |
| 37 | <b>5.2.II. أنواع الجوز</b>                          |
| 37 | 1.5.2.II. الجوز الأسود ( <i>juglans nigra.L</i> )   |
| 38 | 2.5.2.II. الجوز الأبيض ( <i>julgans cinerea.L</i> ) |
| 39 | <b>6.2.II. التركيبة الكيميائية للجوز</b>            |
| 40 | <b>7.2.II. إحصائيات</b>                             |
| 42 | <b>8.2.II. إستخدامات الجوز</b>                      |
| 42 | 1.8.2.II. في الطب                                   |
| 42 | 2.8.2.II. في التغذية                                |
| 42 | 3.8.2.II. في الإقتصاد                               |
| 43 | <b>خلاصة الفصل</b>                                  |
| 44 | <b>مراجع الفصل الثاني</b>                           |
|    | <b>الفصل الثالث: عموميات حول السيليكيا</b>          |
| 48 | <b>مقدمة</b>  |
| 48 | <b>1.III. مصادر السيليكيا</b>                       |
| 49 | <b>2.III. تعريف السيليكيا</b>                       |

|    |   |
|----|---|
| 50 | <b>3.III. أنواع السيليكا</b>                            |
| 50 | 1.3.III. السيليكا الغير متبلورة                         |
| 50 | 1.1.3.III. السيليكا الغروية                             |
| 51 | 2.1.3.III. السيليكا المترسبة                            |
| 51 | 3.1.3.III. هلام السيليكا                                |
| 52 | 4.1.3.III. السيليكا المدخنة                             |
| 53 | 2.3.III. السيليكا المتبلورة                             |
| 53 | <b>4.III. البنية</b>                                    |
| 54 | <b>5.III. طرق إستخراج السيليكا من المخلفات الزراعية</b> |
| 54 | 1.5.III. المعالجة الحرارية                              |
| 55 | 2.5.III. المعالجة الكيميائية                            |
| 55 | 3.5.III. المعالجة البيولوجية                            |
| 56 | 4.5.III. المعالجة الحرارية المائية                      |
| 57 | <b>6.III. طرق تحضير النانو سيليكيا</b>                  |
| 57 | 1.6.III. طريقة Sol-Gel                                  |
| 58 | 2.6.III. طريقة بإستخلاص الحمضي                          |
| 58 | <b>6.III. الخصائص الفيزيائية و الكيميائية</b>           |
| 58 | 1.6.III. الخصائص الفيزيائية                             |
| 59 | 2.6.III. الخصائص الكيميائية                             |
| 61 | <b>7.III. تطبيقات السيليكا</b>                          |
| 61 | 1.7.III. التنظيف و التلميع                              |
| 62 | 2.7.III. الإمتزاز                                       |
| 62 | 3.7.III. عامل التقوية                                   |
| 62 | 4.7.III. مزيل الرغوة                                    |
| 64 | مراجع الفصل الثالث                                      |
|    | <b>الجزء العملي</b>                                     |
| 70 | <b>IV. المواد و الأجهزة المستعملة</b>                   |

|    |  |
|----|--|
| 70 | 1.IV. المواد   |
| 70 | 2.IV. الأجهزة المستعملة                              |
| 71 | 3.IV. خطوات العمل                                    |
| 71 | 1.3.IV. تجميع و تحضير القشور                         |
| 72 | 2.3.IV. طحن القشور                                   |
| 73 | 3.3.IV. إستخلاص السيليكا                             |
| 78 | 4.IV. حساب المرود                                    |
| 78 | 5.IV. حساب محتوى الرطوبة للقشور                      |
| 78 | 6.IV. تحديد محتوى الرماد                             |
| 78 | 7.IV. تقنيات توصيف                                   |
| 79 | 1.7.IV. التحليل بمطيافية الأشعة تحت الحمراء ATR-FTIR |
| 79 | 1.1.7.IV. مناطق الأشعة تحت الحمراء                   |
| 80 | 2.1.7.IV. التحليل النوعي                             |
| 80 | Attenuated total reflectance (ATR).2.7.IV            |
| 80 | 1.2.7.IV. تعريف                                      |
| 80 | 2.2.7.IV. تحليل العينات                              |
| 82 | 3.7.IV. طريقة العمل                                  |
| 82 | 4.7.IV. المسح المجهرى الإلكتروني (MEB)               |
| 83 | 1.4.7.IV. المبدأ                                     |
| 83 | 2.4.7.IV. مكونات الجهاز                              |
| 83 | 1.2.4.7.IV. عمود الإلكترون                           |
| 84 | 2.2.4.7.IV. غرفة "مكان وضع العينة"                   |
| 84 | 3.2.4.7.IV. الكاشف الإلكتروني                        |
| 84 | 4.2.4.7.IV. نظام لتصوير الصور                        |
| 84 | 5.2.4.7.IV. تجميع النتائج والتحكم في الكمبيوتر       |
| 84 | 5.7.IV. إنحراف الأشعة السينية (DRX) (Rayon X)        |
| 85 | 1.5.7.IV. المبدأ                                     |

|     |   |
|-----|---|
| 86  | 2.5.7.IV. مكونات الجهاز   |
| 86  | 1.2.5.7.IV. مصدر الأشعة   |
| 86  | 2.2.5.7.IV. كاشف  |
| 87  | 3.2.5.7.IV. مقياس الزوايا                                       |
| 88  | مراجع الفصل الرابع  |
|     | <b>الفصل الخامس: النتائج و المناقشة</b>                         |
| 90  | V. النتائج والمناقشة  |
| 90  | 1.V. توصيف المواد الخام   |
| 90  | 1.1.V. حساب مردود السيليكا                                      |
| 92  | 2.1.V. محتوى الرطوبة من القشر الخام                             |
| 92  | 3.1.V. تقدير محتوى الرماد                                       |
| 92  | 2.V. آلية حدوث التفاعل  |
| 95  | 3.V. دراسة خصائص العينات  |
| 95  | 1.3.V. توصيف عينة قشور الفول السوداني بواسطة الأشعة تحت الحمراء |
| 96  | 2.3.V. توصيف عينة الجوز بواسطة الأشعة تحت الحمراء               |
| 98  | 3.3.V. تحليل أطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR)                   |
| 100 | 4.3.V. توصيف بالأشعة السينية Rayon -X                           |
| 102 | 4.4.V. توصيف بواسطة مجهر المسح الإلكتروني                       |
|     | مراجع الفصل الخامس  |
|     | الخاتمة العامة  |
|     | الملاحق   |

المقدمة العامة

### مقدمة:

تتنوع نظم و وسائل تدوير المخلفات الزراعية تبعا لنوعها من ناحية و التكنولوجيات المتاحة من ناحية أخرى بغرض تدويرها إلى منتجات ذات جدوى إقتصادية، إما بطرق ميكانيكية لإنتاج مستلزمات المنازل و الصناعة، أو بطرق كيميائية لإنتاج الورق و المركبات الكيميائية وذلك لتعظيم الإستفادة منها.

تعتبر المخلفات الزراعية سواءا كانت صلبة أو سائلة أو غازية<sup>[1]</sup>، مصدر قلق لما تسببه من مشاكل و آثار سلبية تهدد النظام البيئي و تراكمها يؤدي إلى إختلال التوازن البيئي و عليه أبدت الدول مؤخرا إهتماما بقضية هذه المخلفات و أساليب إستخدامها بطرق تتماشى مع المتطلبات البيئية بإعتبارها مواد خام مثالية و ثروة يجب الحفاظ عليها و الإستفادة منها في عدة قطاعات.

مما سبق يمكن القول أن تدوير المخلفات الزراعية من أهم القضايا المطروحة في العالم، فزيادة إنتاجية المحصول الزراعي أدى إلى تراكم المخلفات مما سبب كارثة بيئية يزداد خطرها يوما بعد يوم نتيجة لتطور البحث العلمي، كما أن التعامل الخاطئ معها يؤدي للتلوث البيئي و كذا هدر للموارد وذلك من خلال حرق المخلفات في الحقل و إنبعاث الأبخرة الضارة منها؛ ركزت العديد من الأبحاث على إعادة تدوير النفايات الزراعية، التي نذكر منها مثلا: تبين القمح و الشعير و قشور الأرز...إلخ؛ لإستخراج منتجات مفيدة مثل السليلوز، واللجنين، والكربون، والسيليكا، والسيليكون، والمنتجات، والمتميزات و الوقود الحيوي<sup>[2-9]</sup>، بالإضافة لإنتاج الإيثانول على نطاق واسع من محاصيل الحبوب و شجرة الزيتون و الطماطم و العنب<sup>[10]</sup>.

في الآونة الأخيرة لقت الكتلة الحيوية إهتماما كبيرا لا سيما المخلفات الزراعية كقشور الفول السوداني و الجوز لكونها مصدر واعد للسيليكا الحيوية نظرا لإنخفاض تكلفة إستخلاصها مقارنة بالمصادر الأخرى مثل الرمال والبنونيت (*Bentonite*: طين غير نقي) و تراب المشطورات (*Diatomaceous earth*).

كما تعد السيليكا ( $SiO_2$ ) واحدة من المركبات الكيميائية الأكثر وفرة على القشرة الأرض جنبا إلى جنب في المخلفات الزراعية، حيث تتواجد في أشكال بلورية أو غير بلورية؛ بالإضافة إلى إستخدامها في العديد من المجالات كتتنقية المياه، وفي الألواح الشمسية، وتصنيع الطوب الحراري، وكمصدر للسيليكون... و غيرها.

إرتأينا في هذه الدراسة أن نساهم في إستخلاص السيليكا من قشور كل من الجوز و الفول السوداني لإستخدامها كمصدرا مفيدا لتكوين منتجات جديدة لها قيمة تجارية مهمة في الكثير من المجالات.

كان من الأجدر تلخيص كل هذا وتثمينه في هذه المذكرة و قد تمت هذه العملية وفق مراحل قسمت إلى خمسة فصول تضمنت العناوين التالية :

الجزء النظري يضم:

❖ الفصل الأول: المخلفات الزراعية.

❖ الفصل الثاني: عموميات حول الفول السوداني و الجوز.

❖ الفصل الثالث: عموميات حول السيليكا.

الجزء العملي و يضم:

❖ الفصل الرابع: المواد و الطرق.

### ❖ الفصل الخامس: النتائج و المناقشة.

و في الأخير نعرض مدى تحقيق الأهداف المرجوة من هذه الدراسة المتمثلة في إستخلاص السيليكا من قشور الفول السوداني و الجوز من خلال النتائج المتحصل عليها.

قائمة المراجع

المراجع بالعربية:

[1] أ.م. الدوسري(2017)، إعادة تدوير النفايات، جامعة الملك سعود.

المراجع بالأجنبية:

- [2] P. Zhao, Y. Shen, S. Ge, Z. Chen, K. Yoshikawa, Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment, Applied energy, 131 (2014) 34.367-5
- [3] E.C. Achinivu, R.M. Howard, G. Li, H. Gracz, W.A. Henderson, Lignin extraction from biomass with protic ionic liquids, Green Chemistry, 16 (2014) 1114-1119.
- [4] A. Adepoju, J. Adebisi, J. Odusote, I. Ahmed, S. Hassan, Preparation of silica from cassava periderm, The Journal of Solid Waste Technology and Management, 42 (2016) 216-221.
- [5] J. Guo, A.C. Lua, Textural and chemical properties of adsorbent prepared from palm shell by phosphoric acid activation, Materials chemistry and physics, 80 (20.119-114 03)
- [6] D.A. Iryani, S. Kumagai, M. Nonaka, K. Sasaki, T. Hirajima, Characterization and production of solid biofuel from sugarcane bagasse by hydrothermal carbonization, waste and biomass valorization, 8 (2017) 1941-1951.
- [7] J.K. Odusote, D. Owalude, S. Olusegun, R. Yahya, Inhibition efficiency of Moringa oleifera leaf extract on the corrosion of reinforced steel bar in HCl solution, West Indian J. Eng, 38 (2016) 64.
- [8] S. Sethupathi, M.J. Bashir, Z.A. Akbar, A.R. Mohamed, Biomass-based palm shell activated carbon and palm shell carbon molecular sieve as gas separation adsorbents, Waste Management & Research, 33 (2015) 303-312.
- [9] L. Zemnukhova, A. Panasenko, G. Fedorishcheva, A. Ziatdinov, N. Polyakova, V. Kuryavyi, Properties of silicon prepared from plant raw materials, Inorganic Materials, 48 (2012) 971-976.
- [10] V. Faraco, Y. Hadar, The potential of lignocellulosic ethanol production in the Mediterranean Basin, Renewable and sustainable energy reviews, 15 (2011) 252-266.

الجزء النظري

# الفصل الأول: المخلفات الزراعية

## مقدمة:

يتوفر الوطن العربي على كم هائل من المخلفات في حدود 500 مليون طن منها 81% حيوانية و ما تبقى نباتية، و التي يُهدر أغلبها دون الإستفادة منها فيشكل بعضها مصدرا للتلوث البيئي و بعضها الآخر ينقل الأمراض للمحاصيل الزراعية<sup>[1]</sup>.

و تعتبر المخلفات الزراعية من المنتجات الثانوية ضمن منظومة الإنتاج الزراعي مثل: تبن القمح و الشعير و قش الأرز وغيرها و نواتج تقليم البساتين والغابات للإستفادة منها بإعادة إستخدامها و تدويرها إلى منتجات أخرى بديلة تساهم في حماية البيئة من التلوث لتحسين العائد الإقتصادي.

## 1.1. تعريف المخلفات الزراعية :

يطلق لفظ المخلفات الزراعية "Agricultural Wastes" على كل ما يتخلف أو يتبقى بعد الحصول على المنتج الرئيسي أي أنها عبارة عن بقايا المنتجات الزراعية من بذار وحصاد وتقليم وتطعيم<sup>[2,3]</sup>، و نفايات ذات مصدر نباتي أو حيواني دون أن ننسى مخلفات التصنيع الزراعي<sup>[4]</sup>.

و هذه المخلفات تشكل نسبة كبيرة من الإنتاجية في جميع أنحاء العالم حيث تقدر بأكثر من 30% و ذلك بتحويلها إلى منتجات ذات قيمة عالية للتخلص منها كنفايات لما لها من خطورة نسبية خاصة في حالة عدم التحكم في معالجتها و التخلص منها بطرق صديقة للبيئة<sup>[5,6]</sup>، كما هو موضح في

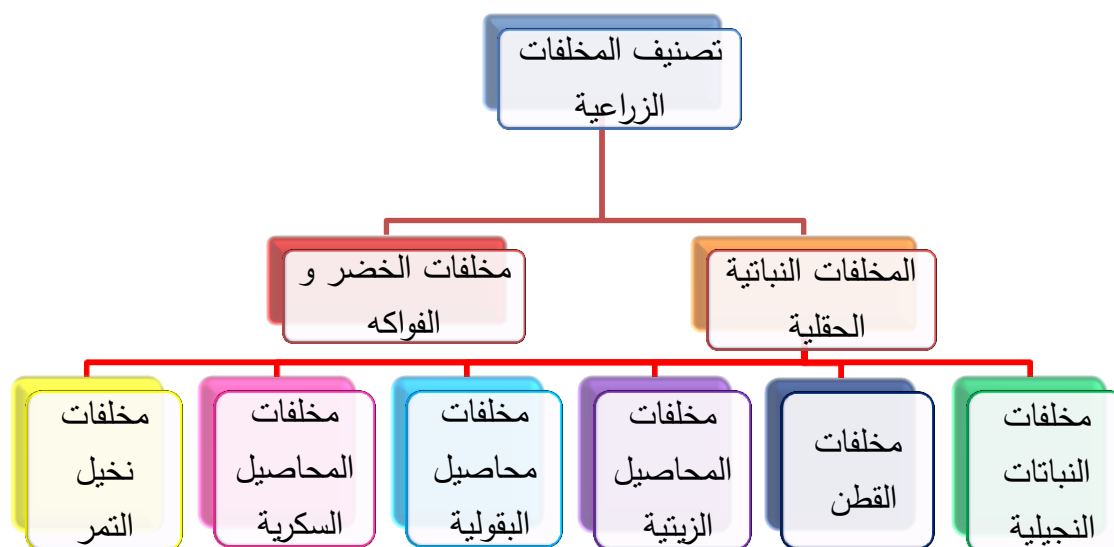
## الشكل (1-1).



الشكل (1-I): المخلفات الزراعية.

## 2.I. أنواع المخلفات الزراعية:

تصنف المخلفات الزراعية حسب طبيعتها كما هو موضح في الشكل (2-I).



الشكل (2-I): يوضح تصنيف المخلفات الزراعية.

**1.2.I. المخلفات النباتية الحقلية :**

هي جميع المخلفات التي تنتج على مستوى الحقل نباتية أو حيوانية تختلف في ما بينها من حيث نوع المحصول ودرجة نضجه عند الحصاد و منها:

**1.1.2.I. مخلفات النباتات النجيلية:**

تعد السيقان و الأوراق من أهم النواتج الثانوية للقمح و الشعير و الأرز و الذرة بأنواعها، بحيث تحتوي على نسب عالية من الألياف و بعضها على نسب من مادة السليكا ( قش الأرز و قشور الفول السوداني... إلخ) بالمقابل تدني محتوى البروتين الخام من 2% إلى 5%<sup>[17]</sup>.

**2.1.2.I. مخلفات القطن:**

تتمثل في الأوراق و الفروع المختلفة بالإضافة إلى السيقان الصلبة وكذلك حطب القطن الذي يعتبر من أهم المنتجات، و التي تستعمل غالبا كمصدر للوقود، وزيادة على ذلك احتوائها على الألياف حيث يبلغ طولها من 10-60 mm و بمتوسط 18 mm و سمك 0.02 mm<sup>[18]</sup>.

**3.1.2.I. مخلفات محاصيل الحبوب الزيتية :**

تتمثل في عيدان السمسم، قش الفول السوداني، عيدان محصول عباد الشمس و قش فول الصويا و تصنف ضمن الأعلاف التقليدية، حيث يعد قشر الفول أو تبنة من أجود المخلفات الزراعية الزيتية.

**4.1.2.I. مخلفات المحاصيل البقولية :**

من بينها الفول الجاف و العدس و الحمص ... إلخ كما في الشكل (I-3)، تستخدم في تغذية الحيوانات عقب الحصاد مباشرة وذلك لإرتفاع محتواها من البروتين الخام المهضوم 3% و غناها بالعناصر الغذائية<sup>[19]</sup>.



الشكل (3-I): المخلفات البقولية.

#### 5.1.2.I. مخلفات المحاصيل السكرية:

تتمثل في القمم الخضراء لنبات القصب السكري و العروش الخضراء لنبات الشمندر السكري وهي صالحة لتغذية الحيوان كما هو موضح في الشكل(4-I)، وتحتوي القمم الخضراء لنبات القصب السكري على 9% ألياف، و2% بروتين و 5% دهن خام و مخلفات الشمندر الطري على 5% بروتين مهضوم و0.9% وحدة علفية<sup>[10]</sup>.



الشكل (I-4): مخلفات سيقان القصب السكري.

#### I. 6.1.2. مخلفات نخيل التمر:

تتمثل في جريد سعف النخيل، وأغلفة الطلع، والحوامل الزهرية، والألياف و التمر المتساقط الناتجة عن تقليم الأشجار كما هو موضح في الشكل (I-5)، و بينت التحاليل الكيميائية أنها فقيرة من البروتين، و أن ألياف التمر تحتوي على 3.1 % بروتين، و 40% ألياف خام، و 1.1% دهون، و 1.3% رماد و 94% كربوهيدرات أما النوى على 6.9% بروتين، و 18% ألياف خام، و 8.5% دهون و 2% رماد<sup>[11]</sup>.



الشكل (I-5): صورة توضح مخلفات نخيل التمر.

## 2.2.I. مخلفات الخضر و الفواكه:

تتمثل في مخلفات مختلف الخضروات و الفواكه (59% مخلفات الخضروات) بالإضافة إلى الفروع، والأغصان الناتجة عن تقليم الأشجار و الثمار المتساقط **الشكل (I-6)**. و قدرت القيمة الطاقوية و البروتينية لمخلفات الخضر الجافة بحوالي 61% مكونات غذائية TDN و 11.3% بروتين<sup>[12]</sup>، أما بالنسبة لإجمالي مخلفات الفاكهة (الزيتون، العنب و التمور) على 63% مكونات غذائية TDN و 3.4% بروتين على أساس الوزن الجاف<sup>[7]</sup>.



**الشكل (I-6):** مخلفات الخضر.

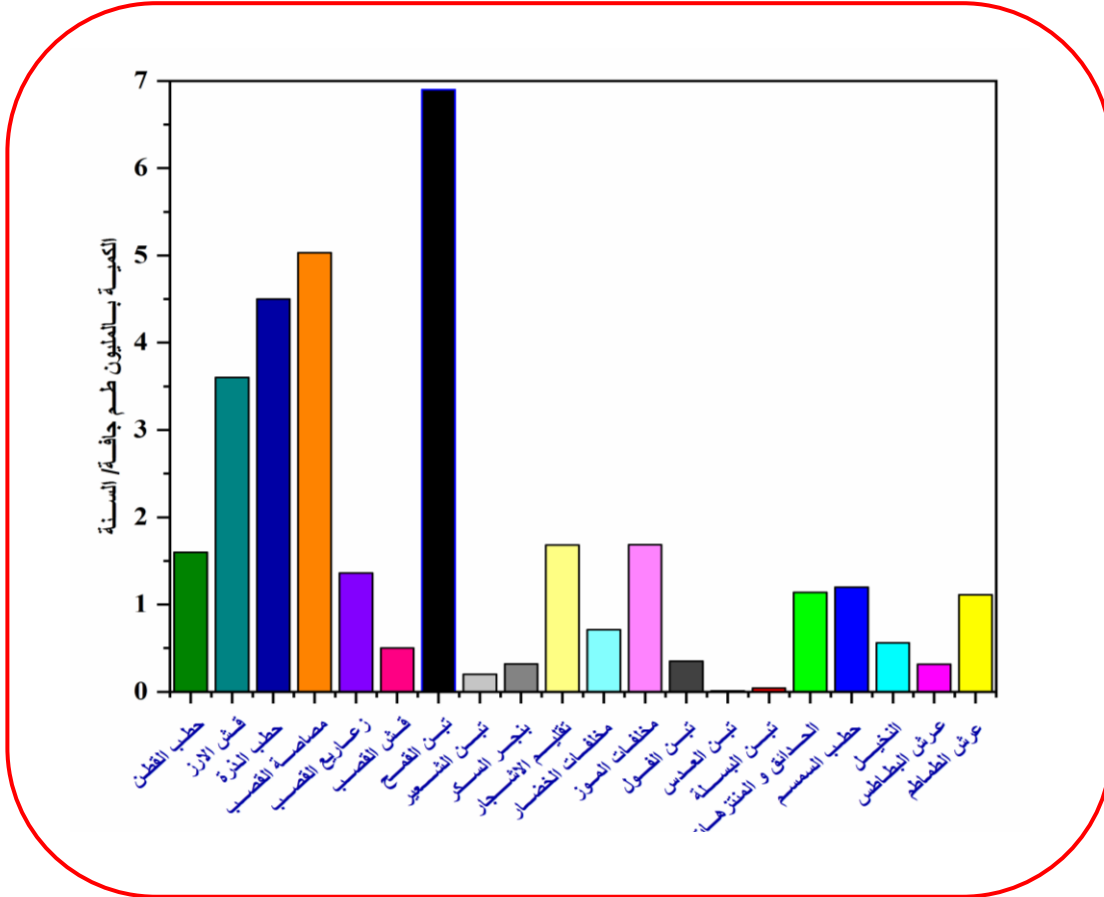
## 3.I. إحصائيات المخلفات الزراعية في الوطن العربي:

أصبح الإقبال على المنتجات و المحاصيل الزراعية بشكل كبير في الوقت الحاضر نتيجة تزايد عدد السكان مما ترتب على ذلك إرتفاع مخلفاتها (الزراعية، النباتية) و باتت المخاطر و الأضرار البيئية تهدد المحاصيل الزراعية لذا أجريت العديد من الدراسات لحصر كمية المخلفات على مدار السنة حسب **الجدول (I-1)**.

الجدول(1-I): الكميات الجافة للمخلفات الزراعية المنتجة سنويا<sup>[13]</sup>.

| المخلفات                | الكمية (مليون طن جافة اسنة ) | ملاحظات            |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| حطب القطن               | 1.6000                       | غير مستغل          |
| قش الأرز                | 3.600                        | نسبة 70% غير مستغل |
| حطب الذرة               | 4.500                        | أعلاف              |
| مصاصة القصب             | 5.030                        | غير مستغلة         |
| زعاريع القصب ( القالوج) | 1.360                        | إضافات أعلاف       |
| قش القصب                | 0.50                         | غير مستغل          |
| تبن القمح               | 6.900                        | إضافات أعلاف       |
| تبن الشعير              | 0.200                        | إضافات أعلاف       |
| بنجر السكر              | 0.320                        | أعلاف              |
| تقليم الأشجار           | 1.680                        | غير مستغل          |
| مخلفات الخضار           | 0.710                        | أعلاف              |
| مخلفات الموز            | 1.685                        | غير مستغل          |
| تبن الفول               | 0.35                         | إضافات أعلاف       |
| تبن العدس               | 0.012                        | إضافات أعلاف       |
| تبن البسلة              | 0.042                        | إضافات أعلاف       |
| الحدائق و المنتزهات     | 1.141                        | غير مستغل          |
| حطب السورجم             | 1.20                         | أعلاف              |
| حطب السمسم              | 0.56                         | غير مستغل          |
| النخيل                  | 0.66                         | غير مستغل          |
| البطاطا                 | 0.317                        | غير مستغل          |
| الطماطم                 | 1.11                         | غير مستغل          |
| الإجمالي                | 33.477                       |                    |

من الجدول (1-I) يتضح أن جملة المخلفات الزراعية تقدر بـ 33.477 مليون طن و إجمالي الكميات التي يتم الإستفادة منها تقدر بـ 15.594 مليون طن بالمقابل 17.883 مليون طن للكميات التي لم يستفد منها<sup>[13]</sup>، كما هو مبين في الأعمدة البيانية التالية الشكل (7-I).



الشكل (7-I): الكميات الجافة للمخلفات الزراعية.

#### 4.I. التركيبة الكيميائية للمخلفات الزراعية:

إن إختلاف المحاصيل الزراعية أدى إلى إختلاف التركيب الكيميائي بينها على حسب نوعها وخاصة الألياف مثل السليلوز و أشباه السليلوز و اللجنين و غيرها وهذا يتفق على ما جاءت به الدراسات كما هو موضح في الجدول (2-I).

الجدول (2-1): يوضح نسب عناصر التركيب الكيميائي لبعض المخلفات الزراعية<sup>[14]</sup>.

| المخلفات الزراعية | السيليلوز (%) | الهيموسليلوز (%) | اللجنين (%) | البروتين الخام (%) | الرماد (%) | معامل الهضم (%) |
|-------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|------------|-----------------|
| قش الأرز          | 34.2          | 27.9             | 10.2        | 2                  | 16.2       | 23.6            |
| قش القمح          | 39            | 36               | 9.6         | 2.6                | 7.8        | 38.2            |
| قش الشعير         | 40.2          | 28.1             | 9.1         | 2.7                | 8.1        | 37.8            |
| تبن الفول         | 42.1          | 21.3             | 13.2        | 4.85               | 7.4        | 41.9            |
| تبن برسيم         | 39.2          | 17.9             | 14.8        | 4.3                | 8.2        | 48.6            |
| حطب ذرة شامية     | 38.1          | 32.8             | 7.9         | 3.7                | 6.4        | 40.9            |
| قوالب الذرة       | 37.4          | 37.9             | 5.8         | 2.1                | 7.4        | 61.6            |
| حطب القطن         | 49.4          | 12.9             | 22          | 3.6                | 6.5        | 24.8            |
| سوسة الذرة        | 39.1          | 13.7             | 11          | 3.7                | 21.9       | 23.7            |

### 5.1. أهمية المخلفات الزراعية:

للاستفادة من المخلفات الزراعية إما تعالج ميكانيكياً، أو بيولوجياً أو كيميائياً بتحويلها إلى منتجات

هامة يحتاجها الإنسان في شتى المجالات لتحقيق الإستخدام المستدام للموارد الطبيعية وأهمها مايلي:

## 1.5.I. صناعة الكمبوست (Composting):

كلمة *Composting* تعني عملية الكمر الهوائي وهو سماد عضوي طبيعي ناتج من النشاط الحيوي للميكروبات الهوائية للمخلفات النباتية و الحيوانية تحت ظروف معينة من الحرارة و الرطوبة؛ حيث يتم تحليلها و إعادة بنائها في صورة دبال كما في الشكل (8-I)، والغني بالعناصر الغذائية الميسرة لنمو النباتات و الكائنات الحية النافعة لخصوبة التربة و تغذية النبات كما يعرف بتأثيره الكبير في زيادة الإنتاج الزراعي كونه مصدرا للنيتروجين و عاملا مهما في تحسين خواص التربة و ذلك بزيادة قابليتها على الإحتفاظ بالماء بالإضافة إلى تحسين بناء التربة الطينية و نفاذيتها [15-17].



الشكل (8-I): الكمبوست.

## 2.5.I. إنتاج الطاقة:

بعد إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية و التصنيع الزراعي مصدرا إضافيا للطاقة و ذلك بالتخمير اللاهوائي للمخلفات الصلبة و السائلة، وهي من أهم التكنولوجيات الصديقة للبيئة في مجال

تدوير المخلفات هذا الإستغلال من شأنه أن يساهم في ترشيد إستهلاك الطاقة من مصادرها التقليدية؛ بالإضافة إلى دخول الميثان في إنتاج الغاز الحيوي المتمثل في غازي الميثان (50-80%) وثنائي أوكسيد الكربون (20-25%) مع غازات أخرى نسبتها (5-10%) وهو غير سام ليست له مخاطر تبلغ قيمته الحرارية  $6625-3180 \text{ Kcal /m}^3$  [18].

### 3.5.I. أعلاف الحيوانات:

تتمثل في المخلفات الزراعية بعد تحويلها و تقطيعها وتحسين صلاحيتها بالطرق البيولوجية، بتعيمها بالتبخير تحت ضغط ودرجة حرارة معينين، وذلك لرفع قيمتها الغذائية أو معاملتها بإستخدام هيدروكسيد الصوديوم الأمونيا واليوريا و ذلك لزيادة نسبة البروتين وخاصيتها الهضمية، و من جهة أخرى فإن كثير منها تستخدم كأعلاف للحيوانات غالبا ما تكون قيمتها الغذائية منخفضة و صعوبة الهضم نتيجة لمحتواها العالي من الألياف و المركبات الفينولية [19].

### 4.5.I. الصناعة السليلوزية و الألواح المضغوطة:

يمكن إعتداد بعض أنواع المخلفات (قش الأرز وقصب السكر وغيرها) كمادة خام لإنتاج العجينة السليلوزية و صناعة الورق و إنتاج الألواح التركيبية؛ لإحتوائها على الألياف بمعدلات تقارب ما يحويه خشب الأشجار مما يجعلها مادة بديلة عنه للحصول على الألياف التي تشكل مادة أساس لعدد هائل من الصناعات المعتمدة على السليلوز و اللجنين و غيرها من المكونات الكيميائية.

### 5.5.I. الزراعة على المخلفات الزراعية:

تستخدم هذه الطريقة في الأراضي التي تعاني من مشاكل كالملوحة الشديدة أو الإصابة بالأمراض سواء في البيوت البلاستكية أو في الحقل المكشوف؛ بحيث ترص المخلفات على التربة كما يحصل مع

قشور الأرز حيث تزرع عليها الخضروات بالإضافة إلى إستخدامها إلى جانب حطب القطن و نشارة الخشب لإنتاج الفطر.

### 6.5.I. إستخدامها للأغراض البنائية:

تستخدم المخلفات الزراعية و المواد الليجنوسليلوزية بشكل عام في العديد من الدول لإنتاج الألواح والكتل الإسمنتية و الألواح الجبسية لإستخدامها في جدران الأبنية و سقوفها، بعضها متحمل للأثقال و البعض الآخر كألواح عازلة كما تتميز بخفة وزنها موازنة بمواد البناء التقليدية وملائمتها للمتطلبات البيئية [20].

### الخلاصة :

في هذا الفصل تم التطرق إلى أهمية المخلفات الزراعية حيث يتضمن التعريف بها وذكر أنواعها وكذا إستخداماتها في عدة مجالات منها: الأسمدة، والبلاستيك الحيوي، وإنتاج الطاقة... إلخ، ومن بين أهم المواد التي يمكن إستخراجها من هذه المخلفات السيليكا الحيوية.

## قائمة المراجع

## المراجع بالعربية:

- [1] المجلس الإقتصادي و الإجتماعي للأمم المتحدة (2010) UNEP تقرير التنفيذ الإقليمي بشأن المجالات الخمسة المعروضة على لجنة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة في دورتها (18)، مسودة التقرير الإقليمي للمنطقة العربية
- [2] ميكنة المخلفات الزراعية، أعضاء هيئة التدريس بقسم الهندسة الكيميائية، الباب الأول، صفحة 2.
- [3] بسام العجي، إدارة النفايات الصلبة، مقرر حماية البيئة، السنة الخامسة، جامعة دمشق؛ دمشق، سوريا 2015.
- [4] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة تدوير المخلفات الزراعية للإستعمالات الصناعية و المنزلية في الدول العربية، الخرطوم 2006.
- [6] العابد رشيدة، "تسيير النفايات الصلبة الحضرية دراسة حالة بلدية ورقلة"، 2008.
- [7] دراسة تدوير المخلفات الزراعية للإستعمالات الصناعية و المنزلية الخرطوم: جامعة الدول العربية 2006 أغسطس.
- [8] الندوة القومية حول الإستفادة من المخلفات الزراعية النباتية جامعة الدول العربية الخرطوم أكتوبر 1997.
- [9] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الإستفادة من المخلفات الزراعية النباتية في إنتاج الأعلاف الحيوانية، الخرطوم 1994.
- [10] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الندوة الإقليمية حول الإستفادة من المخلفات الزراعية، تقدير المغرب، الخرطوم، نوفمبر 1997.

- [11] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الندوة الإقليمية للإستفادة من المخلفات الزراعية النباتية نوفمبر 1997.
- [13] صلاح محمود الحجار 2003، " السحابة الدخانية- المشكلة - الأثر-الحل"، دار الفكر العربي.
- [14] وزارة الدولة للشؤون البيئية دليل تدوير المخلفات الزراعية.
- [15] وزارة الدولة لشؤون البيئية دليل تدوير المخلفات الزراعية 2010.
- [16] رمضان، م. الشحات م. 2008، "الأسمدة الحيوية و الزراعية العضوية غذاء صحي و بيئة نظيفة"، دار الفكر العربي، ص: 132-134.
- [17] أعضاء هيئة التدريس، "محاضرات ميكنة المخلفات الزراعية"، قسم الهندسة الزراعية جامعة بنها، مصر كلية الزراعة بمشهر.
- [18] سمير أحمد الشيمي إنتاج البيوجاز وكيفية الإستفادة منه، معهد بحوث الأراضي و المياه و البيئة مركز البحوث الزراعية، 2011.

#### المراجع بالأجنبية:

- [5] A. K. Sarmah, "Potential risk and environmental benefits of waste derived from animal agriculture", *Agriculture Issues and Policies Series-Agricultural Wastes*, Eds: Geoffrey S. Ashworth and Pablo Azevedo, 2009.
- [12] V. L. Kossilla, "Location and potentiel feed Use.In straw and other Fibrous by-products as Feed", 1984.
- [19] F. Zadrazil and H. Dube, "The oyster mushroom–importance and prospects", *Mushroom Research*, vol. 1, 1992.
- [20] J. A. Youngquist, A. M. Krzysik, B. W. English, H. N. Spelter, and P. Chow "Agricultural fibers for use in building components," in *Proceeding s of the conference on the use of recycled wood and paper in building applications*, 1996, pp. 123-134.

## مقدمة:

تعتبر المكسرات من مجاميع الفاكهة التي تنتشر زراعتها في مناطق مختلفة من العالم و التي تضم أنواعا عديدة فريدة بطعمها الدهني و النكهة المميزة إضافة إلى إرتفاع محتوى البروتين فيها زيادة على أهمية مخلفاتها بإعتبارها أعلاف للحيوانات، نذكر منها على سبيل المثال: الجوز والفول السوداني...إلخ.

و يعد الفول السوداني محصول بقولي أرضي جاف حيث بلغ إنتاجه في العالم لعام(2009-2010) حوالي 35.4 مليون طن لما له من أهمية في النظام الغذائي لكونه مصدرا ثالثا للبروتين النباتي<sup>[1]</sup>.

كما يعتبر الجوز مهما لإحتوائه على العناصر الغذائية الضرورية، و كذا الإستخدم الموسع لمكوناته (الخشب، القشر...إلخ) و لهذا لا يزال إنتاجه العالمي في تزايد لما له من قيمة غذائية عالية.

## 1.II. الفول السوداني:

## 1.1.II. لمحة تاريخية:

تعتبر زراعة الفول السوداني قديمة جدا منذ 3500 عام، حيث أكتشف في جزر الهند الغربية في القرن السادس عشر في "Haiti"، و إنتقل من آسيا إلى إفريقيا الموطن الثاني بعد أمريكا الجنوبية خاصة منطقة غراند تشاكو "Grand chaco" بما في ذلك وديان باراغواي "paraguay" و بارانا "paraná"<sup>[2]</sup>، ثم إلى أجزاء أخرى من العالم (تتجاوز 100 دولة)<sup>[3]</sup>.

## 2.1.II. تعريف نبات الفول السوداني:

الفول السوداني نبات حولي عشبي ذو أزهار صفراء من عائلة البقوليات "*Fabaceae*" موطنه الأصلي أمريكا الجنوبية<sup>4-16</sup>، يزرع في العديد من البلدان الإستوائية و شبه الإستوائية خاصة في الصين، والهند، ونيجريا، والولايات المتحدة، وأندونيسيا والسودان زيادة على إنتاجه في إفريقيا خاصة في غربها<sup>7، 18</sup>، وهو نبات ذاتي التلقيح يبلغ إرتفاعه من 30-70 cm له ثمار تحت الأرض تتراوح دورة خضرته من 90 إلى 150 يوم، و له عدة أنواع<sup>9</sup> كما في الشكل (II-1).



الشكل (II-1): نبات الفول السوداني. *Arachis hypogaea L.*<sup>10</sup>.

## 3.1.II. التصنيف العلمي:

صنف الباحثين و العلماء الفول السوداني علميا من حيث النوع والمملكة و الجنس كالتالي:

النطاق: حقيقيات النوى،

المملكة: النباتات،

الشعبة: مستورات البذور،

الجزء النظري

الطائفة: ثنائيات الفلقة،

الرتبة: الفوليات،

الفصيلة: البقولية،

الجنس: *Arachis*،

النوع: الفول السوداني<sup>[11]</sup>.

## 4.1.II. الوصف النباتي:

الفول السوداني نبات مقاوم للجفاف والحرارة كما يحتاج إلى تربة جيدة، ينضج في حوالي 100 يوم في مناخ دافئ مما يجعله مناسباً بشكل خاص لموسم الأمطار كما يُزرع مع المحاصيل الأخرى مثل الذرة الرفيعة و البازلاء و القطن و الخضروات فهو يتكون من الجذع، والأوراق، والأغصان، والأزهار، والثمار و كذا البذور<sup>[12]</sup>.

### 1.4.1.II. الجذع:

يتميز الفول السوداني بجذع إسطواني يختلف لونه من الأخضر الفاتح إلى الداكن، عادة ما يكون زاحفاً أو قائماً؛ يتراوح طول ساقه الرئيسية و فروعه الأولية 0.70-0.20m حسب نوعه و طبيعة نموه، يتكون من سلاميات و عقد قريبة من سطح الأرض تحمل الثمار<sup>[3]</sup>.

### 2.4.1.II. الأوراق:

تتصف أوراق الفول السوداني بأنها ريشية الشكل لها 4 وريقات ببيضاوية متقابلة في أزواج لونها أخضر داكن تحملها سويقات طولها 4-9m في قاعدة هذه الأخيرة نجد قسمين طولهما 2-3cm متحدان جزئياً مع السيقان و الجذع.

للأوراق موقعين موقعاً نهاري تكون أوراقه قائمة و مفتوحة و ليلى حيث تتحني الأعناق نحو الأرض وتتجمع الوريقات في أزواج كما يوضحها (الشكل II-2).



(الشكل II-2): أوراق الفول السوداني.

### II.3.4.1. الأغصان:

يتكون الجذر من محور مركزي يغوص عمودياً في التربة أكثر من 1.30 m بحيث يمتص الماء والأملاح المعدنية بشكل رئيسي من خلال النسيج القشري لعدم إحتوائه على الأوبار الماصة أما بالنسبة للجذور الجانبية فهي تنشأ في المحور<sup>[3]</sup>.

### II.4.4.1. الأزهار:

يزهر الفول السوداني في شكل مسامير تحمل من ثلاث إلى خمس أزهار صفراء، وحمراء وبيضاء؛ تتفتح فوق التربة وتكمل نموها تحت الأرض كما في الشكل (II-3).

وهي نوعان: هوائية عادة ما تكون صفراء ذهبية مع خطوط وردية، و جوفية تظهر في بداية

الإزهار متكررة في الأصناف الخالية من الأوبار وتوجد في 90% من النباتات<sup>[13]</sup>.



الشكل (II-3): زهرة الفول السوداني.

#### II.5.4.1. الثمار:

تتشكل الثمرة (القشرة) بعد الإخصاب حيث تذبل الزهرة و تستطيل قاعدة المبيض لتشكيل ساق طويلة تسمى "gynophore" لتغوص في التربة، فيتكون جراب يحتوي من بذرة واحدة إلى خمس متغيرة في الحجم والشكل ( كروياً أو بيضاوياً أو ممدوداً ) وإختلاف اللون ( أبيض أو وردي أو أحمر أو أرجواني ) و كذا الوزن 2-0.2g و طولها يتراوح ما بين 1-8cm وعرضها من 0.5-2cm<sup>[14, 15]</sup>؛ و تتجمع عادة في قاعدة الساق للأصناف المستقيمة، أو على طول الأغصان للأصناف الزاحفة كما في

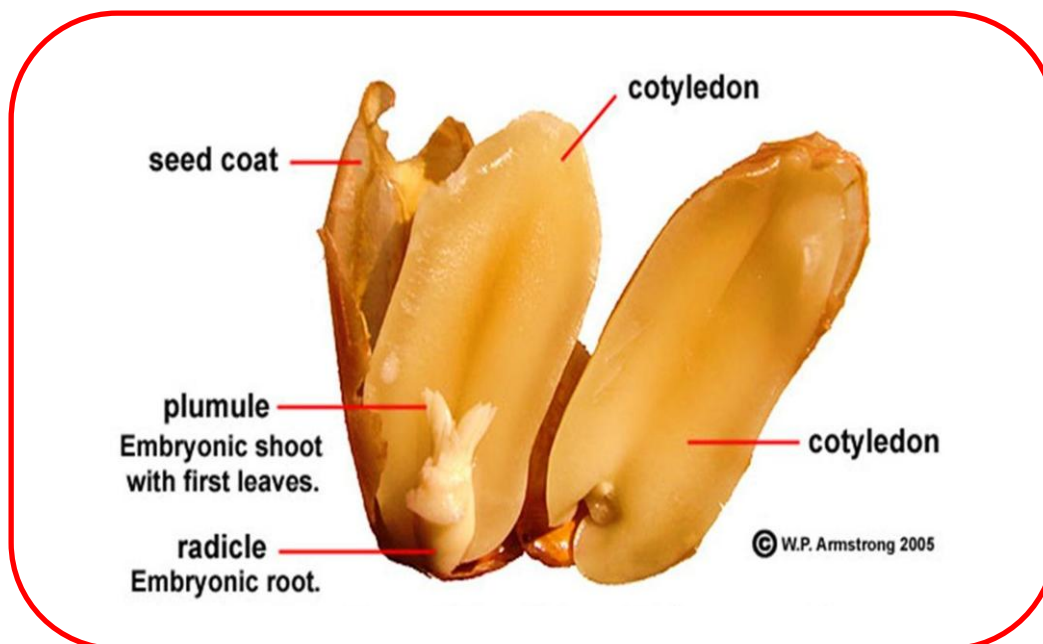
#### الشكل (II-4)<sup>[13]</sup>.



الشكل(II-4): ثمار الفول السوداني<sup>[16]</sup>.

#### 6.4.1.II. البذور:

يتكون الجراب من بذرة إلى خمس هذه الأخيرة تتكون من غلاف زهري وأحيانا له عدة ألوان و هي من نوات الفلقتين المليئتين بالدهن بالإضافة إلى جنين يسهل تمييزه 2g-0.2 كما في الشكل(II-5)، زيادة على ذلك إحتوائها على بروتين غني بالأحماض الدهنية الغير المشبعة و بحمض الأوليك بنسبة 60% والمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والحديد، والفوسفور و الفيتامينات<sup>[14]</sup>.



الشكل (II-5): بذور الفول السوداني.

## 5.1.II. أنواع الفول السوداني:

ينقسم الفول السوداني إلى فئتين رئيسيتين من حيث الوضعية وطبيعة النمو و العمر كآلاتي:

### 1.5.1.II. من حيث الوضعية وطبيعة النمو:

#### 1.1.5.1.II. ذات السيقان الزاحفة:

يزرع بشكل رئيسي في إفريقيا يتميز بقصر ساقه حوالي 20 cm والنمو المفترش للأفرع، وثماره متأخرة النضج تخرج على طول الفروع الجانبية كما تتصف بكبر حجمها وهي من أصلح الأنواع

للنمو في الأراضي الرملية الشكل (II-6).



الشكل(II-6): الفول السوداني ذو السيقان الزاحفة.

#### 2.1.5.1.II. ذات السيقان القائمة:

يتميز الفول السوداني ذي السيقان القائمة بصغر حجم نواته و طبيعة نموه، حيث تتجمع ثماره في دائرة قريبة من ساقه التي يبلغ طولها حوالي 30cm كما يوضحه الشكل(II-7) و تعتبر آسيا موطنه الأصلي<sup>[17]</sup>.



الشكل (II-7): فول السوداني ذو السيقان القائمة.

2.5.1.II. من حيث العمر:

1.2.5.1.II. فول السوداني ذو ستة أشهر:

يمتاز بوفرة إنتاجه و طعمه الجيد، تكون شجرته قائمة إذا ما إحتوت ثماره على بذرتين و ممتدة

( زاحفة ) إذا ما إحتوت على ثلاث، بالإضافة إلى كبر حجمها.

2.2.5.1.II. الفول السوداني ذو ثلاث أشهر:

و هو أقل عمرا في الزراعة، كما يمتاز بثماره الممتلئة، و رطوبة قشرته و سهولة جنيه و أشجاره

الصغيرة.

## 6.1.II. المحتويات الكيميائية للفول السوداني:

الفول السوداني من البقوليات و أغذية الطاقة لإحتواء بذوره على زيت 44-56% بالإضافة إلى البروتين 22-30% زيادة على ذلك وفرته على معادن كالبيوتاسيوم، والفوسفات والمغنيزيوم وغيرها<sup>[18]</sup>، وفق الجدول (1-II) التالي:

### الجدول (1-II): التركيب الكيميائي لمكونات بذور الفول السوداني<sup>[11]</sup>.

| النسبة المئوية % | المكون         |
|------------------|----------------|
| 1.14             | الألياف الخام  |
| 46.22            | الدهون         |
| 25.20            | البروتين الخام |
| 21.26            | الكربوهيدرات   |
| 2.57             | الرماد         |
| 0.087            | الكالسيوم      |
| 0.29             | الفسفور        |
| 17.7             | السكريات       |

## 7.1.II. إستعمالات الفول السوداني:

### 1.7.1.II. في غذاء الإنسان:

يعد الفول السوداني من الأغذية الغنية بالعناصر الضرورية لما تحتويه بذوره من دهون، وبروتين، وكربوهيدرات و فيتامين ب<sup>[19]</sup>؛ لذلك يعتبر غذاء أساسيا في بعض البلدان الإفريقية<sup>[20]</sup>، تؤكل بذوره نيئة، ومشوية، ومملحة، ومسلوقة في صلصة أو في عصيدة كزيت بالإضافة إلى مساهمتها في صناعة الحلوى و المقبلات<sup>[20, 21]</sup>.

## II.2.7.1. الأعلاف الحيوانية:

تعتبر قمم الفول السوداني عنصرا مهما في النظام الغذائي للماشية في أوروبا و خاصة في فرنسا لغناها بالبروتين 48-50% والنيتروجين القابل للهضم لذلك يزرع الفول السوداني في مناطق معينة من أجل الإنتاج الوحيد للقمم<sup>[19,20]</sup>.

## II.3.7.1. في الزراعة:

الفول السوداني كبقية البقوليات الأخرى يلعب دورا جديا هام في الزراعة حيث يثري التربة بالنيتروجين<sup>[19]</sup>، كذا يعتبر من محاصيل الإصلاح الأراضي الرملية لما تحمله جذوره من عقد بكتيرية تعمل على تثبيت الأزوت الجوي كما يمكن إستخدامه كسماد أخضر<sup>[20]</sup>.

## II.4.7.1. في الإستخدام الطبي:

للفول السوداني خصائص طبية علاجية نذكر منها على سبيل المثال:

- يساهم إلى درجة كبيرة في علاج البثور بالإضافة إلى نوبات الربو<sup>[14]</sup>.
- إستهلاك المكسرات بشكل عام والفول السوداني على وجه الخصوص يقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية<sup>[22]</sup>.
- يستخدم في علاج سوء التغذية الحاد عند الأطفال نظرا لغناه بالعناصر الغذائية الضرورية<sup>[20]</sup>.
- تخفيض نسبة السكر في الدم و الإلتهابات في الجسم.
- مفيد للمرأة الحامل ولصحة الجنين لغناؤه بالبروتين والمعادن<sup>[23]</sup>.

## II.5.7.1. في الاقتصاد:

يلعب الفول السوداني دورا كبيرا في الإقتصاد حيث يمثل 12% من الإنتاج العالمي من البذور الزيتية و 1% من سوق زيوت الطعام الدولية<sup>[19]</sup>؛ بالإضافة إلى أنه مصدر لمواد الخام لبعض الصناعات ودخل مهم للفلاحين، و تعد بذوره غنية بالزيوت مقارنة بزيوت عباد الشمس وفول الصويا وبذور اللفت، لإحتوائها على حوالي 1% من حمض البالمتيك و 80% حمض الأوليك.

## II.6.7.1. إستخدامات أخرى:

مما لا يدعي إلى الشك أن الفول السوداني له قيمة غذائية عالية نتيجة لغناه بالعناصر الغذائية الضرورية، تجدر الإشارة إلى أنه يمكن إستخدام قشوره على نطاق واسع كوقود في البلدان النامية حيث يحسم مشكلة الطاقة لإحتوائه على 50% من الزيت الذي يستخدم كمصدر للدهون الثلاثية لتحويله إلى وقود الديزل الحيوي، بالإضافة إلى إستخدام منتجات الفول السوداني كمثبتات ومستحلبات للمنتجات الغذائية، وفي كريمات التجميل خاصة في علاج حب الشباب<sup>[20]</sup>.

## 2.II. الجوز:

## 1.2.II. لمحة تاريخية:

يعود أصل الجوز إلى المنطقة الممتدة من جنوب شرق أوروبا إلى سلسلة جبال الهمالايا فظهرت أول آثار له في العصر الطباشيري من 65 إلى 137 مليون سنة، زيادة على ذلك كان الإغريق أول من أطلق على الجوز (*J. regia L.*) حيث نقلوا زراعته من *Persia* (إيران حالياً) إلى بلادهم، ثم إلى الرومان؛ و تم العثور على أقدم بقاياها في كهوف تشانيدار في العراق و هو على عدة أنواع أجودها جوز كاليفورنيا<sup>[24]</sup>.

## 2.2.II. تعريف الجوز:

الجوز أو ما يسمى بالبلوط الملكي ينتمي إلى العائلة الجوزية أشجاره نفضية ذات لباب مغلف و أوراقه مركبة عطرية ومكسراته خشبية، يصل إرتفاعها إلى 30m منتشرة في جميع القارات يوجد منها حوالي عشرين نوعاً<sup>[25]</sup>.

## 3.2.II. التصنيف العلمي:

المملكة: نباتات،

الشعبة: كاسيات البذور،

الطائفة: ذوات الفلقتين،

الرتبة: زانية،

الفصيلة: الجوزية،

الجنس: جوز،

النوع: *Juglans*،

الإسم العلمي: *Juglan sregia L.*<sup>[5]</sup>.

## 4.2.II. الوصف النباتي:

## 1.4.2.II. الجذر:

جذر شجرة الجوز قابل للدوران يتميز بتفرعه وكثافته وبره بالإضافة إلى تسلله وميلانه نحو السطح حيث الطبقة الخصبة<sup>[26, 27]</sup>، دون أن ننسى نهاياته المغطاة بالميكورايزا "mycorrhizes" والتي تعتبر روابط تكافلية بين جذور النباتات وبعض الفطريات التي تلعب دورًا مهمًا في تحسين نقل المواد الكيميائية السامة في التربة وهذا ما يعزز إمتصاصه للمعادن وبالتالي تغذيته<sup>[28]</sup> كما يوضحه الشكل (II-8).



الشكل (II-8): صورة موضحة لغصن الجوز.

## 2.4.2.II. الأوراق:

أوراق شجرة الجوز ذات حافة غير مسننة الناضج منها يتكون من 7 إلى 9 وريقات<sup>[24]</sup>، حيث يبلغ طول كل واحدة 15cm تحملها أغصان (كما في الشكل (II-9)) متفرعة ذات تاج كثيف تنبعث منها رائحة عطرية ولها نكهة مرّة.

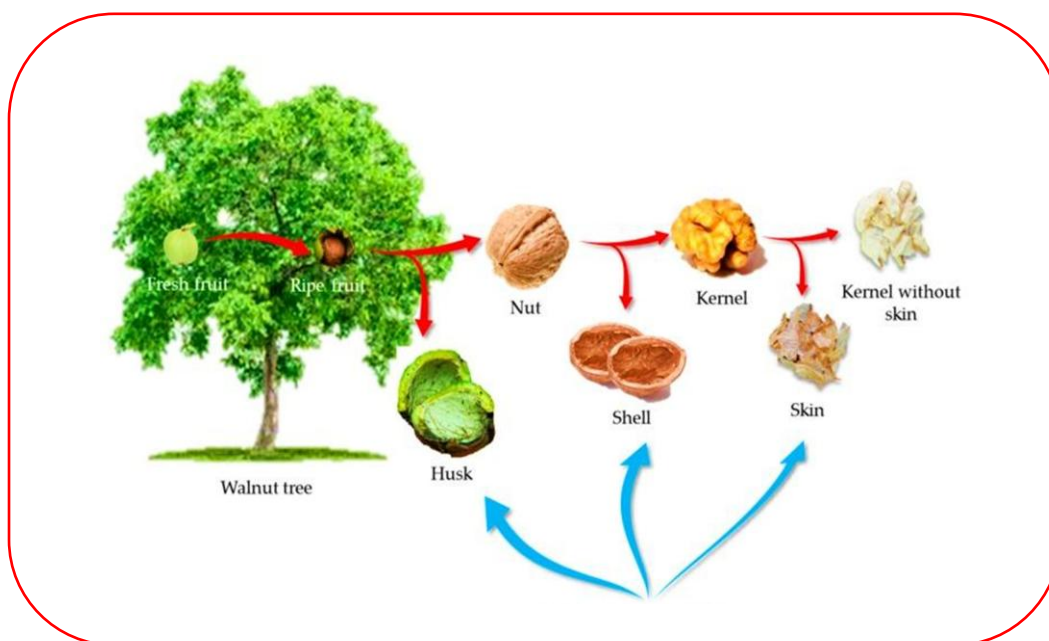


الشكل (II-9): أوراق نبات الجوز العادي [28].

### II.3.4.2. الثمار:

ثمار شجرة الجوز متنوعة الشكل منها الممدود والكروي [28] كما في الشكل (II-10)، حيث يبلغ قطر هذا الأخير 4-6cm؛ وهيكل الثمرة الخارجي سميك خشن الملمس ذا لون أخضر بالإضافة إلى رائحته العطرة القوية إذ يستمر على الشجرة لفترة أطول من الأوراق، زيادة على ذلك يحيط بقشرة خشبية صلبة مجعدة ذات اللون البني الداكن تتشكل من صمامين يحتويان على بذرة في شكل دماغ مقسمة من فصين إلى أربعة ذات فلقنتين كبيرتين زيتيتين مغطاة بغشاء بني رقيق محمر ذات لب أبيض ذو نكهة قوية [27].

[29]



الشكل (II-10): مراحل تشكل ثمار الجوز.

## 5.2.II. أنواع الجوز:

### 1.5.2.II. الجوز الأسود (*Juglans nigra.L*):

الجوز الأسود أو ما يسمى بالجوز الأمريكي له قشرة صلبة خشنة ذات لون بني غامق يميل إلى السواد بمعية نواة صغيرة الحجم غنية بالأحماض الدهنية كما في الشكل (II-11)، فهو ينمو كأشجار ضخمة ذات أوراق كبيرة حساسة<sup>[30]</sup>، ويعد موطنه الأصلي الولايات المتحدة الأمريكية وكذا جنوب كندا حيث يتميز بأخشابه نادرة ذات جودة عالية.



الشكل (II-11): ثمار الجوز الأسود.

## II.2.5.2. الجوز الأبيض (*juglans cinerea*L):

الجوز الأبيض يتميز بقشرة صلبة بحواف غير منتظمة بمعية نواة صغيرة إلى متوسطة الحجم غنية بالدهون ينمو على أشجار يصل إرتفاعها إلى 30m ذات أوراق كثيفة تشتهر بالخشب و المكسرات الصالحة للأكل، وهي منتشرة على نطاق واسع في وسط و شرق أمريكا الشمالية؛ هذا ما يوضحه

الشكل (II-12).



الشكل(II-12): ثمار الجوز الأبيض.

## 6.2.II. التركيبة الكيميائية للجوز:

تحتوي بذور الجوز على نسبة عالية من زيت 52-70% غني بالأحماض الدهنية المتعددة الغير المشبعة وعلى مجموعة من الفيتامينات كفيتامين C و مجموع (B2،B1) بالإضافة إلى قشرة خضراء غنية بحمض الأسكوربيك 2500-3000mg تعادل هذه الأخيرة 40 ضعف الموجودة في ثمار الحمضيات<sup>[31]</sup> كما في الجدول (II-2).

**الجدول (2-II): التركيب الكيميائي لثمار الجوز<sup>[31]</sup>.**

| النسبة المئوية % | المكونات الغذائية |
|------------------|-------------------|
| 58.5             | دهون              |
| 16               | بروتين            |
| 13               | مواد كربوهيدراتية |
| 7.8              | ماء               |
| 2.9              | سليولوز           |
| 2.5-1.3          | أملاح معدنية      |

**7.2.II. إحصائيات:**

حسب منظمة العالمية للأغذية والزراعة يمثل الإنتاج للمكسرات على مدى ثلاث سنوات

2010-2013 حوالي مليونين طن سنويا لـ 26 دولة نذكر منها الصين، وإيران، والولايات المتحدة

الأمريكية، وتركيا و أوكرانيا<sup>[32]</sup>، حسب **الجدول (3-II)**.

## الجدول (II-3): إحصائيات إنتاج العالمي للجوز [32].

| الإنتاج بـ (طن) | البلدان المنتجة للجوز      |
|-----------------|----------------------------|
| 1655508         | الصين                      |
| 485000          | إيران                      |
| 418212          | الولايات المتحدة الأمريكية |
| 183240          | تركيا                      |
| 112600          | أوكرانيا                   |
| 96476           | المكسيك                    |
| 38314           | فرنسا                      |
| 36000           | الهند                      |
| 35073           | رومانيا                    |
| 35000           | شيلي                       |
| 29800           | اليونان                    |
| 23938           | صربيا                      |
| 18389           | مصر                        |
| 17771           | إيطاليا                    |
| 15972           | روسيا                      |
| 15412           | أوزبكستان                  |
| 15083           | ألمانيا                    |
| 13859           | مولدافيا                   |
| 13815           | إسبانيا                    |
| 12473           | الأرجنتين                  |
| 10306           | باكستان                    |
| 9339            | المغرب                     |
| 8923            | أذربيجان                   |
| 7350            | النمسا                     |
| 5797            | كرواتيا                    |
| 5700            | جورجيا                     |
| 3319350         | المجموع                    |

## 8.2.II. إستخدامات الجوز:

## 1.8.2.II. في الطب:

لقد أستخدمت أنواع الجوز على نطاق واسع في الطب منها الأمراض المزمنة حيث ساعدت مرضى السكري في خفض مضغفاته، بالإضافة إلى أوراقه التي ساهمت في علاج الكساح، واليواسير و الجهاز الهضمي من تقرحات فموية و سرطانات دموية، كذلك إلتهاب اللثة و اللسان؛ زيادة على هذا الجانب التجميلي كغسول للجلد و كريمات وقائية من الشمس [35-33].

## 2.8.2.II. في التغذية:

يعد زيت الجوز عالي الجودة بحيث يتم إستخراج 20L منه مقابل 40 kg من حبويه، كما يتميز بخصائص جيدة فإضافته في النهاية تحضير بعض أطباق الأكل يعطي طعما مدهشا، أما فاكهته فهي تتمتع بقيمة غذائية عالية و هذا راجع لوجود الأحماض الدهنية والنيتروجين، والماء، والنشاء، والسكر....إلخ، بالإضافة إلى إستخداماتها في صنع الحلويات و المعجنات و في الطبخ و كذا المشروبات الكحولية [36,33].

## 3.8.2.II. في الإقتصاد:

يحتل الجوز مكانة مرموقة في الجانب الإقتصادي فخشبه يتميز بخصائص فيزيائية ذات بنية متجانسة و ميكانيكية تجعل منه سهل التحكم أثناء العمل، كما يشتهر بالمقاومة والصلابة الكبيرة واللون المميز المتذبذب بين الرمادي والبني و المتجانس أحيانا ما بين الرخامي والأسود المزخرف بعروق سوداء غير منتظمة فجعلت منه مادة فاخرة [37]، كذلك يستخدم في صناعة الأسلحة والخزائن؛ دون أن ننسى قشوره التي تستخدم في تحضير الصبغة لإعطاء اللون البني للخشب الأبيض وكذا تحضير المواد اللاصقة الصناعية [36,33].

## خلاصة الفصل:

تم في هذا الفصل التطرق إلى الفول السوداني و الجوز، و كذا ما تحويه بذورهما من عناصر غذائية ضرورية كالبروتين و الفيتامين و الدهن... إلخ، و عليه أصبح لهما العديد من الإستخدامات في المجالات الطبية و الإقتصادية وغيرها، و هذا ما جعل الإقبال عليها في تزايد مما نتج عنه تصاعد في المخلفات بشكل كبير، في الآونة الأخيرة أصبحت هذه المخلفات تستغل بطرق آمنة بيئيا لإنتاج بعض المواد البديلة.

## قائمة المراجع

## المراجع بالعربية:

[11] ش يحيى و آخرون، "دراسة تأثير المستخلص المائي لمختلف أعضاء النبات *seteriaverticillata* على إنبات و نمو بذور الفول السوداني " *Arachis hypogaea* "، مذكرة ليسانس أكاديمي، جامعة الوادي 2013-2014.

[21] شفق ص الدبدي ع ح، "إنتاج محاصيل الحقل"، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، القاهرة 2008، P 454-440 .

[31] من إعداد المهندس الزراعي غدير اجبارة، " توصيف أهم الطرز البيئية للجوز *juglans nigra* في محافظة إدلب و درجة توافقها مع الأصل، بإستخدام التطعيم، رسالة قدمت لنيل الماجستير في الهندسة الزراعية ( تخصص بساتين)، جامعة حلب 1430 هـ - 2009 م.

## المراجع بالأجنبية:

- [1] F. Hamidou, P. Ratnakumar, O. Halilou, O. Mponda, T. Kapewa, E. Monyo, *et al.*, "Selection of intermittent drought tolerant lines across years and locations in the reference collection of groundnut (*Arachis hypogaea* L.)," *Field Crops Research*, vol. 126 ,pp. 189-199, 2012.
- [2] P. Germa, *Depuis Quand?: De A a Z, l'Origine des Objets, Techniques, Animaux et Vegetaux De Notre Quotidien*, France Loisirs ed., (2002.)
- [3] P. MUNDLER, M. D. Membre, and P.-M. C. Membre, "Contribution à l'étude de la filière arachide en Haïti," 2017.
- [4] D. Clavel and J. Gautreau, "L'arachide," 1997.
- [5] R.-E. Spichiger, M. Figeat-Hug, and D. Jeanmonod, *Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*: PPUR presses polytechniques, 2002.
- [6] E. A. Weiss, *Oilseed crops*: Longman Group, 1983.

- [7] R. F. Delevoy A., "Arachide et allergie," ed: Th. Pharmacie : Lille 2., 2006, p. 134
- [8] P. Nyabyenda, *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines céréales*: Presses agronomiques de Gembloux, 2005.
- [9] R. SCHILLING, *L'Arachide en Afrique tropicale. Collection: Le technicien d'agriculture tropicale*, Maisonneuve et Larose. 171 p ed., 1996.
- [10] METAFRO. (2007). *Arachishypogaea*[en ligne ].
- [12] P. Rousset, "Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales," 2008.
- [13] I. Fall, "L'arachide, grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies," ed, 1988, p. 300.
- [14] HUBERT P)" ,.ING. D'Agronomie); Fiche technique d'agriculture spéciale," ed, 2000.
- [15] A. H. Z, "effets de la qualité de semences sur la production de l'arachide au Sénégal," ed Mémoire pour obtenue de diplôme d'Ingénieur Agronome, 2003, p. 59 p.
- [16] B. C. L. a .i. e. ligne]. (2011 ).(
- [17] C. J.M, *Larousse agricole*, Librairie Larousse. Paris ed., 1981.
- [18] A. Issa, H. Falalou, O. Younoussa, B. Yacoubou, and Z. J. Didier, "Caracterisation Agro-Morphologique Des Accessions D'arachide (*Arachis Hypogaea* L.) Pour La Teneur En Huile," *European Scientific Journal*, vol. 12, pp. 337-351, 2016.
- [19] "Effets comparés des champignons mycorhiziensarbusculaires et des Rhizobiaisolés d'un sol algérien avec ceux du commerce, sur le rendement de l'arachide *Arachis hypogaea* (L)".(.
- [20] Z. AGUIEB and M. MESSAI BELGACEM, "Valorisation des arachides (*Arachis hypogaea* L.) cultivées à la Wilaya D'El-Oued," 2018.
- [22] G. E. Fraser" ,Nut consumption, lipids, and risk of a coronary event," *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, vol. 9, pp. S28-S32, 2000.
- [23] C. J. I. M. M.T., "LEGUMINOSAS DE GRANO.ED.MUNDI," ed PRENSA, 1998, p. P.15.25.
- [24] S. B. Karima, "Etude phytochimique et biologique des extraits aqueux d'une plante médicinale *Juglans regia* Examineur regia," Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila, 2015.
- [25] A. Gallais and H. Bannerot, *Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection*: Editions Quae, 1992.

- [26] B. J, "AtaLas d'aboriculturefrutiére .caractérésbotaniques .caractères végétatifs." vol. Vol .IV.2eme ed.J-B Bailliére, ed Paris, 1981, p. 246 p.
- [27] L. Garavel, "Le Noyer Noir d'Amérique (J. nigra L.)," *Revue Forestiere Française*, 19.60
- [28] *lesarbres.fr. [Internet ]*
- [29] E. Germain, J. Jalinat, and M. Marchou, "Divers aspects de la biologie florale du noyer," ed: Invuflec, 1975.
- [30] K. A. Brinkman, "Black walnut (Juglans nigra L.).In Silvicsof forest trees of the United States. H. A. Fowells, comp. U.S. Department of Agriculture Handbook ", ed, 1965, p. 271.762 p.
- [32] *les pays producteurs des Noix* 22 Avril 2016.
- [33] "Etude de la possibilité d'amélioration de la culture et de la production du noyer commun, JuglansregiaL," Diplôme de MASTER; , dans la région de Tlemcen.M.BELLABACI ABDELGHANI, UNIVERSITE de TLEMEN, 2016.
- [34] G. J. E. JANICKE.C, *Guide de la phytothérapie*, Editions Marabout ed., 2004
- [35] MINKER.C., "200 plantes qui vous veulent du bien Ed Larousse (Paris, France), ," ed, 2013, p. 448p.
- [36] M. Ounis and A. Zitouni, "Le noyer commun (Juglans Regia), le connaitre pour mieux le developper," *Magazine d'Information sur la Protection et la conservation de la foret*, 1996.
- [37] GUINIER.E, "Le Noyer *Revue des Eaux et Forêts* ", ed, 1905, p. 44.

# الفصل الثالث:

## عموميات حول السيبيكا

## مقدمة:

يرجع وجود السيليكا في الطبيعة منذ العصور القديمة حيث قدرت نسبتها الإجمالية في القشرة الأرضية بحوالي 97% و الجافة منها تتراوح ما بين 0.1-10% في جميع النباتات<sup>[1,2]</sup>، كما توجد عموماً في المخلفات الزراعية و الطبيعية مثل النخيل ورماد قش الأرز و ما إلى ذلك و التي تعتبر مصدراً جيداً لها إلا أنه ينجر عنها عواقب بيئية كبيرة زيادة على تواجدها في مركبات تجارية مثل رباي الإيثيل و سيليكات الصوديوم و رباي الميثيل...إلخ.

## 1.III. مصادر السيليكا:

تنتشر السيليكا في الطبيعة على نطاق واسع بحيث يمكن الحصول عليها من خلال التوليف أو الإستخراج الطبيعي للمواد البيولوجية وغير البيولوجية كرمال الشاطئ و الفحم<sup>[3,4]</sup>؛ فضلاً على مصادرها الأكثر شيوعاً كالمخلفات الزراعية مثل: قش الأرز و رماد النخيل التي تحتوي على 90-98% و 45-50% على التوالي<sup>[5,6]</sup>.

بالإضافة إلى قصب السكر ولب جوز الهند و ساق الخيزران و أوراقه زيادة على قشر الفواكه ( التفاح، الموز، البرتقال) و البن و القمح بحيث يحتوي رماد هذا الأخير على حوالي 90% من السيليكا<sup>[7-19]</sup>، و كذا الطحالب و نواة الزيتون و التمر و الطين دون أن ننسى قشر الفول السوداني و الجوز كما يوضحه الشكل (III-1) أدناه.



الشكل (III-1): أهم مصادر السيليكا.

### 2.III. تعريف السيليكا:

السيليكا (ثاني أكسيد السيليكون) كلمة لاتينية الأصل مركبة من عنصرين متوفرين جدا في القشرة الأرضية هما السيليكون و الأكسجين في تركيبة كيميائية بسيطة  $SiO_2$ ، فهي واحدة من المركبات الكيميائية الغير عضوية ذات قيمة متعددة الأغراض، لها وزن جزيئي  $60.1 \text{ g/mol}$ ، كما تعد من أكاسيد فلزات المجموعة الرابعة فضلا على أنها مادة خام أساسية تستخدم على نطاق واسع حيث تتوفر على العديد من أشكال منها بلورات مثلثية (بيضاء، عديمة اللون) أو غير متبلورة أو هلامية<sup>[10]</sup>.

### 3.III. أنواع السيليكا:

#### 1.3.III. السيليكا الغير متبلورة:

السيليكا الغير متبلورة يمكن معرفتها بواسطة الأشعة السينية حيث تتأثر وظيفتها ببنيتها، وكيمياء سطحها، وحجمها المسامي و كذا البنية المجهرية؛ وهي على نوعين: الطبيعية و الصناعية، هذه الأخيرة نتحصل عليها إنطلاقاً من عمليتين الأولى تعرف بالعملية الرطبة و التي يتم من خلالها إعداد جميع الأنواع (المترسبة و الهلامية و الغروية وذات الطبيعة المدخنة)، فالغروية منها تسمى بالجسيمات الأولية لأنها وحدات بناء أساسية للمترسبة و الهلامية و أخرى حرارية تعالج فيها المدخنة بإستخدام المواد المتفاعلة المتطايرة، بالإضافة إلى ذلك تتم بلمرة السيليكا بثلاث مراحل أهمها:

بلمرة المونومرات " *monomers* " لتكوين جسيمات أولية صغيرة،

نمو الجسيمات الأولية،

تكتل أو تراص الجسيمات لتكوين مادة هلامية أو راسب.

#### 1.1.3.III. السيليكا الغروية:

السيليكا الغروية عبارة عن تعليق لجسيمات دقيقة الحجم في المرحلة السائلة، حيث يتم تحضير المعلق المستقر ذو القطر من 5 إلى 150 nm عند تركيز يتجاوز 50% إنطلاقاً من جزيئات المواد الصلبة، و لكن الجسيمات الأصغر من 5nm يصعب تثبيتها عند التركيز العالي، في حين الأكبر من 150 تخضع للترسيب التناقلي و عندها لا تتحلل السيليكا (Sols).

### III.2.1.3. السيليكا المترسبة:

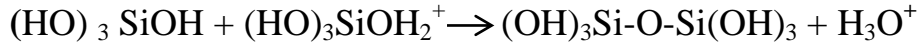
تتكون السيليكا المترسبة عن طريق التفاعل الحمضي لسيليكات الصوديوم إما باستخدام حمض الكبريتيك أو أحماض أخرى لتقليل قيمة الرقم الهيدروجيني للتعليق الساخن إلى قيمة (9-10) pH، و ذلك بتخثر الجسيمات الأولية المتشكلة في مجموعات، ثم يتم ترسيبها تحت ظروف قلوية من رج و مدة ترسيب و درجة حرارة و حموضة و تركيز؛ فالمترسبة منها لها بنية مسامية كبيرة في حين الهلامية لها بنية مسامية دقيقة.

### III.3.1.3. هلام السيليكا:

يتميز هلام السيليكا بالشكل الصلب المسامي الغير المتبلور من ثاني أكسيد السيليكون المائي ذو صيغة الكيميائية  $(SiO_2+H_2O)$  حيث يتكون من سيليكات مترابطة بشكل عشوائي ذات جسيمات أولية يتم تشكيلها في مجموعات، كما تعد عملية (Sol-Gel) هي الطريقة الأكثر دراسة و توثيقاً لتحضيرها عن طريق التحلل المائي لسيليكات الصوديوم و إطلاق حمض السيليك وفقاً للتفاعل التالي (حمض الترسيب هو حمض الكبريتيك):



كما يعتمد هلامها المحضر بالعملية السابقة اعتماداً كبيراً على حجم الجسيمات الأولية المجمعة في شبكة ثلاثية الأبعاد (3D)، و بالتالي فهي تتأثر بدرجة كبيرة بالرقم الهيدروجيني (pH) فعند pH=7 يبدأ حمض السيليك سريعاً في تبلور وفق آلية أيونية وعند تجاوز هذا الأخير تختلف آلية البلمرة تحت تأثير سطوح الجسيمات و ذوبان السيليكا و عند pH=2 يتم ملاحظة الشكل البروتوني  $((HO)_3SiOH_2^+)$  و بالمقابل يتباطئ معدل البلمرة نتيجة لإنعدام شحنة السطح والحركة الكهربائية للجسيم، وعندها تتوقف الجسيمات الأولية عند 4-2 nm<sup>[11]</sup>.



### 4.1.3.III. السيليكا المدخنة:

السيليكا المدخنة هي جزء من السيليكا البيروجينية (*Pyrogène*) التي يتم توليفها في طور البخار عند درجة حرارة عالية<sup>[12]</sup>، وهي أكثر العمليات المستخدمة على نطاق واسع لإنتاج السيليكا الصناعية، حيث يتم إنتاج السيليكا المدخنة عن طريق حرق  $\text{SiCl}_4$  مع الهيدروجين و الأكسجين، كما هو موضح في التفاعل التالي:



ويتم التحكم في الخصائص الرئيسية مثل حجم الجسيمات ومساحة السطح بواسطة نسبة المواد المتفاعلة<sup>[12]</sup>، حيث تتشكل الجسيمات الأولى عندما يتم حرق  $\text{SiCl}_4$  في لهب ثم تندمج فيما بينها بشكل لا رجعة فيه مع إعطاء مكان للجزيئات الثانوية، وبعد ذلك، يتم جمع السيليكا في مرشحات وفصلها عن حمض الهيدروكلوريك المتبقي عن طريق معالجتها بالهواء الساخن الرطب<sup>[13]</sup>، تؤدي هذه العملية إلى إنتاج السيليكا غير المسامية وغير المتبلورة عالية النقاء (99%)، تتراوح مساحة السطح BET للسيليكا المدخنة من 50 إلى  $600 \text{ m}^2/\text{g}$  ومتوسط حجم الجسيمات بين 5 و  $50 \text{ nm}$  اعتماداً على ظروف التفاعل<sup>[13]</sup>، وبشكل عام السيليكا المدخنة بمساحة سطح أقل من  $300 \text{ m}^2/\text{g}$  غير مسامية بينما تُظهر السيليكا التي تزيد مساحتها عن  $300 \text{ m}^2/\text{g}$  بعض المسامية الدقيقة<sup>[13]</sup>.

هناك نوعان من السيليكا المدخنة المتاحة تجارياً، وهي محبة للماء، والكارهة للماء لتقوية اللدائن (*elastomers*)<sup>[14]</sup>، يستخدم الماء في المنتجات التي يمكن ترطيبها بالماء ويتم إنتاجها أثناء التحلل المائي العادي للهب لرابع كلوريد السيليكون، بينما يتم إنتاج السيليكا الكارهة للماء عن طريق تفاعل

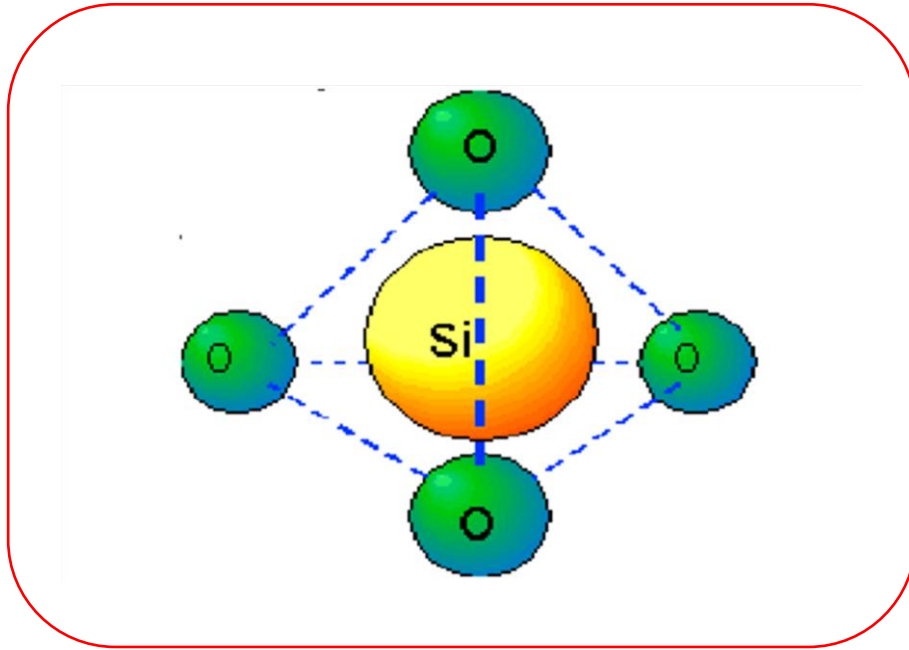
السيليكا المحبة للماء مع السيلانات العضوية ويتم تطبيقها في المنتجات التي لا يمكن ترطيبها بشكل عام، من المتوقع أن تكون السيليكا الطاردة للماء تقوية أفضل من المحبة للماء السيليكا<sup>[13]</sup>.

### III.2.3. السيليكا المتبلورة:

الكوارتز هو الشكل البلوري الأكثر شيوعاً للسيليكا في الطبيعة، حيث تمثل السيليكا البلورية شكلاً من أشكال السيليكا التي يشار إليها في شكل بلوري منتظم و الذي يعرف بإسم تكتوسيليكات (*tectosilicates*)، و يشير مصطلح البلورات إلى إتجاه جزيئات  $SiO_2$  في شكل مثبت، في مقابل يكون الشكل أكثر عشوائية أي غير متبلور، لتشكل البنية البلورية يتم ترتيب ذرات الأكسجين والسيليكون لثاني أكسيد السيليكون في شكل ثلاثي الأبعاد، و ترتبط كل ذرة Si بأربع ذرات  $O_2$ <sup>[11]</sup>.

### III.4. البنية:

تحتوي السيليكا أي (أكسيد السيليكون) على جزيئات ثلاثية الذرات خطية حيث ترتبط كل ذرة سيليكون منها تساهمياً مع إثنين من الأكسجين بنسبة 46.75% من Si و 53.26% من  $O$ <sup>[15]</sup>، وحدتها الهيكلية الأساسية هي السيليكون في شكل رباعي السطوح  $SiO_4$  بحيث كل أربع ذرات أكسجين تحيط بها ذرة سيليكون مركزية في شبكة متعددة الأوجه و الأبعاد<sup>[16]</sup> كما في الشكل (III-2)، جميع أشكالها مواد صلبة عديمة الرائحة متطابقة في التركيب الكيميائي لكن لها ترتيبات ذرية مختلفة.



الشكل (III-2): بنية السيليكا [16].

### III.5. طرق إستخراج السيليكا من المخلفات الزراعية:

يتم إستخلاص السيليكا من المخلفات الزراعية بثلاث طرق رئيسية هي: المعالجة الكيميائية و

الحرارية و البيولوجية<sup>[17]</sup>، كما هو موضح في الشكل (III-3).

#### III.5.1. المعالجة الحرارية:

يعتمد إنتاج السيليكا مباشرة على المادة الخام و ذلك بتحويلها إلى رماد دون أي معالجة مسبقة

تحت تأثير عملية الإحتراق و درجة الحرارة المناسبة لضمان أقصى قدر من التفاعل قصد التقليل من

المواد الكربونية الموجودة و زيادة نسبة أكسيد السيليكون فيها لإستخلاص شكلين منه البلوري والغير

متبلور و ذلك بعد المعالجة بمحاليل سابقة الذكر<sup>[18]</sup>.

## III.2.5. المعالجة الكيميائية:

يتم إستخلاص السيليكا من المخلفات الزراعية كيميائيا بطريقتين متشابهتين بحيث تكون عملية الحرق بعد أو قبل المعالجة بالحمض الذي لا يؤثر على طبيعتها الهيكلية (عدم التبلور)، و تستخدم هذه الطريقة لإزالة الشوائب و تحسين نقاوة السيليكا الموجودة فيها<sup>[19-21]</sup>، و ذلك بتحويلها إلى أيونات مذابة عن طريق المعالجة الحمضية البسيطة بإستخدام المحاليل التالية:  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  و  $HCl$  و  $HF$ <sup>[22]</sup>، كما يمكن معالجتها أيضا بالأحماض القلوية لإزالة المعادن (Na، Mg، Ca، Mn، Al، Fe، Zn... و غيرها)، و هذا إما بإستعمال المياه القلوية (يتكون من 30%  $NH_3$  و  $H_2O$ ) أو هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو هيدروكسيد الأمونيوم  $NH_4OH$  و من ثم غسل المادة الخام المنقاة وتسخينها لمدة ساعات للحصول على سيليكا بيضاء، إلا أن آثار المعالجة القلوية ليست واضحة مثل آثار الحمض.

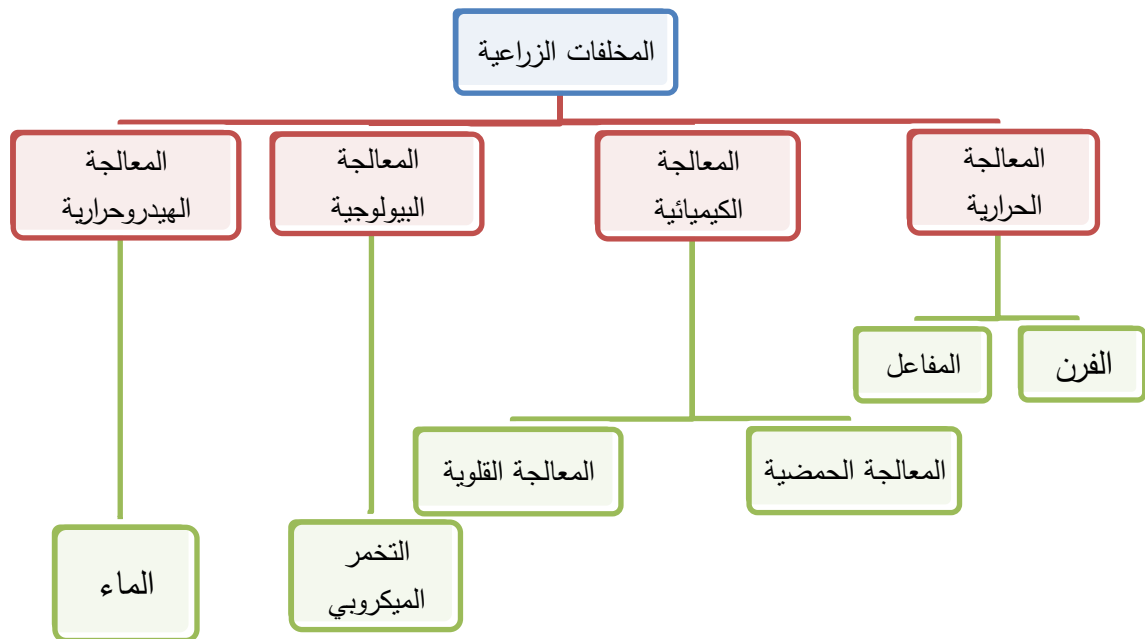
علاوة على ذلك، فإن إستخدام الأحماض القوية يسبب مشاكل إقتصادية لإرتفاع تكلفتها لذا لجأ الباحثون لإستخدام حمض الستريك  $C_6H_8O_7$  و كذا عملية التحلل المائي في درجات حرارة أعلى من  $200^\circ C$  لإنتاج سيليكا غير متبلورة عالية النقاء بدرجة 99%<sup>[23]</sup>.

## III.3.5. المعالجة البيولوجية:

تخضع المخلفات الزراعية للمعالجة المسبقة عن طرق التخمر الميكروبي تحت تأثير الرطوبة النسبية في درجات حرارة منخفضة، بهذه العملية الميكرو بيولوجية يتم إطلاق أكسيد السيليكون في شكله الطبيعي والنقي كما يمكن أن تؤدي إلى إنتاج سيليكا تشبه التجارية في نقاوتها إذا ما أستخدمت مع المعالجة الحمضية، ثم تُحرق الكتلة الحيوية في الفرن لإنتاج السيليكا البيضاء إلا أن هذه الطريقة غير فعالة لأن الوقت اللازم لإكمال عملية التخمر طويل جداً، مما يجعلها غير مجدية للتطبيقات العملية<sup>[18]</sup>.

### 4.5.III. المعالجة الحرارية المائية:

إن المعالجة الحرارية المائية (الهيدروحرارية) تعتمد على فصل الماء بإعتباره وسيطاً وحيداً، تحت تأثير درجات حرارة عالية ( $T > 243^{\circ}\text{C}$ ) وضغط مرتفع ( $P > 3\text{MPa}$ ) ووسائط حمضية ذات أكسدة قوية مثل  $\text{H}_2\text{SO}_4$  و  $\text{HNO}_3$  و أحياناً يستخدم  $\text{H}_2\text{O}_2$  أيضاً كوسيط مؤكسد لتشكل أيون الهيدرونيوم ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) و أيون الهيدروكسيل ( $\text{OH}^-$ )، علماً أن هذه العملية قادرة على التفاعل مع مركبات عضوية قابلة لتحلل (الهيميسليلوز والسليلوز واللجنين) و أكاسيد حمضية و قاعدية باستثناء أكسيد الفوسفور الذي يميل إلى البقاء في الطور الصلب بكميات كبيرة، وهذا لتحويل المعادن إلى أيونات قابلة للذوبان للحصول على السيليكا بعد إزالة معظم الشوائب الموجودة في الكتلة الحيوية بعد 30 دقيقة<sup>[24]</sup>، لكن هذه العملية معقدة وتحتاج إلى أدوات متطورة، وفي هذه الطريقة تكون درجة حرارة التفاعل أقل بكثير من تلك المستخدمة في طريقة الإحتراق، وعليه يمكن الإحتفاظ بعدم بلورة السيليكا المستخرجة<sup>[18]</sup>.



الشكل (III-3): طرق إستخراج السيليكا.

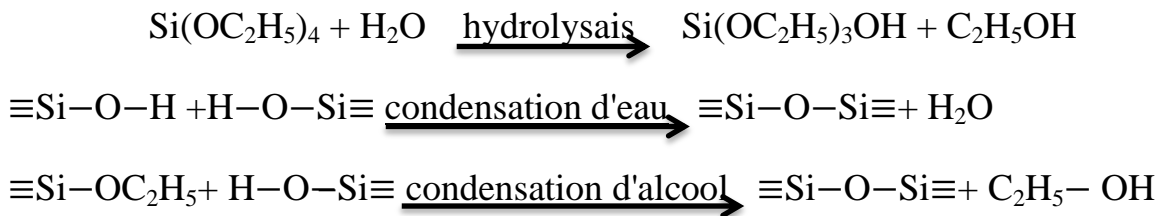
### 6.III. طرق تحضير النانو سيليكيا:

لتحضير النانو سيليكيا من المخلفات الزراعية يتم اتباع عدة طرق:

#### 1.6.III. طريقة Sol-Gel:

تم تحضير النانو سيليكيا بواسطة (*xerogel*)، حيث تم تعريض بقايا المخلفات الزراعية عند  $70^{\circ}\text{C}$  مع  $3\text{ M}$  من  $\text{HCl}$  لمدة  $4\text{h}$  و غسلها بشكل متكرر بالماء منزوع الأيونات، وبعد ذلك تم إذابته في هيدروكسيد الصوديوم  $\text{NaOH}$  بتركيز  $3\text{ M}$  مع التحريك المستمر باستخدام محرك مغناطيسي لمدة  $10\text{h}$  وتعديل  $\text{pH}$  في مجال  $7.5-8.5$  عن طريق إضافة حمض الكبريت  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ، بعدها يتم جمع رواسب السيليكا وغسلها بشكل متكرر باستخدام الماء الدافئ منزوع الأيونات حتى تصبح السيليكا خالية تمامًا من القلويات، وبعدها يتم تجفيفها لمدة  $48\text{ h}$  عند  $80^{\circ}\text{C}$  [25].

كما تم استخدام العديد من المواد في تحضير النانو سيليكيا مثل رباعي إيثيل أورثوسيليكات ( $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ) كوسيط، وحمض الخليك ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) والماء المقطر ( $\text{H}_2\text{O}$ ) والإيثانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) لإزالة المواد الأولية التي توفر تأثيرًا على سطح الجسيمات المشكلة، أيضا تم خلطها بـ  $\text{TEOS}$  (*tetraethyl orthosilicate*)، تمثل المعادلات التالية كيفية تشكل السيليكا [26-30].



## 2.6.III. طريقة بإستخلاص الحمضي:

يتم إستخلاص النانو سيليكاً من النفايات الزراعية بإستخدام الطريقة الكيميائية للحصول على درجة نقاء عالية من النانو سيليكاً الغير متبلورة بسبب تفاعلها الكيميائي الفعال، وعليه هناك نوعان من الطرق الكيميائية<sup>[31]</sup>، طريقة الإستخلاص الحمضي تقوم هذه طريقة على المعالجة بحمض الهيدروكلوريك قبل عملية الإحتراق لتعزيز نقاء النانو سيليكاً<sup>[32]</sup>، أما بعد الحرق تتم المعالجة بواسطة المحاليل الحمضية التالية حمض الستريك أو حمض الخليك أو حمض الفوسفوريك<sup>[33]</sup>، وهذا لإزالة الشوائب المعدنية (Cu, Mg, K, Ca, Mn, Zn, Al)<sup>[33]</sup>.

## 6.III. الخصائص الفيزيائية و الكيميائية:

## 1.6.III. الخصائص الفيزيائية:

يتطلب إنصهار السيليكا ( $\text{SiO}_2$ ) درجة حرارة عالية جدا في حدود  $1700^\circ\text{C}$  و هذا راجع إلى هيكلها الرباعي ذي الرابطة القوية التساهمية بين السيليكون و الأكسجين (Si-O) و التي لا يمكن كسرها نتيجة صلابتها، كما أن غياب الإلكترونات الحرة في التركيبة الجزيئية يجعل منها رديئة في التوصيل الكهربائي و بالتالي تسلك سلوك المواد العازلة، زيادة على عدم ذوبانها في الماء و في كل المذيبات العضوية بالمقابل إنحلالها في القاعدية و حمض الكبريتيك، كما يبين **الجدول (1-III)** الخواص الفيزيائية لثاني أكسيد السيليكون البلوري و الغير البلوري<sup>[34]</sup>.

الجدول(III-1): أهم الخصائص الفيزيائية لثاني أكسيد السيليكون البلوري و الغير البلوري [34].

| الخاصية              | الوحدة            | السيليكا البلورية                  | السيليكا غير البلورية |
|----------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------|
| درجة الإنصهار        | °C                | حوالي 1700                         | حوالي 1700            |
| الكثافة              | g/cm <sup>3</sup> | 2.6                                | 2.2                   |
| معامل الإنكسار       | ----              | 1.46                               | 1.46                  |
| المقاومة النوعية     | Ω.cm              | 10 <sup>12</sup> -10 <sup>16</sup> | 10 <sup>18</sup> <    |
| التوصيلية الحرارية   | w. m/°k           | 1.3                                | 1.4                   |
| نسبة يواسون          | ----              | 0.17                               | 0.165                 |
| معامل التمدد الحراري | K <sup>-1</sup>   | 7.64×10 <sup>-7</sup>              | 5.4×10 <sup>-7</sup>  |

### 2.6.III. الخصائص الكيميائية:

يتفاعل ثاني أكسيد السيليكون عند درجات الحرارة و الضغوط العادية في غياب مواد محفزة للتفاعل مع قليل من المواد العنصرية أو المركبة أو أحماض مخففة أو مركزة و هذا ما يوضحه الجدول(III-2) في تفاعلات بعض المواد مع ثاني أكسيد السيليكون و نتائجها.

**الجدول (III-2):** تفاعل ثاني أكسيد السيليكون مع بعض المواد<sup>[34]</sup>.

| المعادلة الكيميائية   | الناتج من التفاعل  | ظروف التفاعل   | مادة التفاعل  |
|---|--|--|---|
| $\text{SiO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$       | <p>سيليكات البوتاسيوم</p> <p>سيليكات الصوديوم</p>  | <p><math>\text{SiO}_2</math> البلورية: يذوب ببطء في محلول قاعدي ساخن</p> <p><math>\text{SiO}_2</math> الغير البلورية: يذوب فيه عند درجة حرارة الغرفة</p> | <p>قاعدة قوية<br/>(KOH, NaOH)</p>   |
| $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$ $\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$ | <p>سيليكات الصوديوم<br/><math>\text{Na}_2\text{SiO}_3</math></p> <p>سيليكات البوتاسيوم<br/><math>\text{K}_2\text{SiO}_3</math></p> | <p>يتفاعل مع مصهور كربونات الصوديوم و مصهور البوتاسيوم</p>   | <p>كربونات الصوديوم و البوتاسيوم<br/><math>\text{K}_2\text{CO}_3, \text{Na}_2\text{CO}_3</math></p> |
| $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Si(OH)}_4$  | <p>هيدروكسيد السيليكون<br/><math>\text{Si(OH)}_4</math></p>  | <p>في درجات الحرارة العالية و الضغط، السيليكات تهدرج لتكوين هيدروكسيد السيليكون وهو غير ثابت</p>   | <p>مع الماء<br/><math>\text{H}_2\text{O}</math></p>   |

كما تتميز السيليكا بأنواع عديدة نذكر منها على السبيل المثال المترسبة و المدخنة و الكهربائية و

كذا الطبيعة الهلامية حيث تختلف فيما بينها في الخواص العامة و هذا ما يوضحه **الجدول (III-3)**.

الجدول (3-III): الخصائص العامة لجميع أنواع السيليكا<sup>[35]</sup>.

| المترسبة | جيل السيليكا | القوس الكهربائي | المدخنة | السيليكا الصناعية                     |
|----------|--------------|-----------------|---------|---------------------------------------|
| 300-60   | 1000-300     | 200-150         | 400-50  | مساحة السطح (m <sup>2</sup> /g)       |
| 250-50   | 250-150      | 120-80          | 250-150 | إمتصاص النفط (cc/g)                   |
| 200-160  | 160-90       | 150-120         | 120-90  | الكثافة الظاهرية (g/l)                |
| 7.5-6.5  | 7.5-4.0      | 4.2-3.5         | 4.3-3.6 | 5% درجة الحموضة (pH)                  |
| 6.0      | 5.0          | 2.0 >           | 1.5 >   | رطوبة (%)                             |
| 10-8     | 8-4          | 3-2             | 4-2     | مجموعات السيلانول (/nm <sup>2</sup> ) |
| 30-10    | -            | -               | 40-7    | حجم الجسيمات الأولية (nm)             |
| 10-1.5   | 10-4         | 8-4             | 0.8     | متوسط حجم الجسيمات (μm)               |

### 7.III. تطبيقات السيليكا:

تعد السيليكا واحدة من المواد الخام الأساسية التي تدعم الثورة الصناعية و التكنولوجيا، و تستخدم

في تطبيقات مختلفة منها:

#### 1.7.III. التنظيف و التلميع:

تُستخدم جزيئات السيليكا الغير المتبلورة كمادة كاشطة وعامل تنظيف في العديد من التطبيقات منها

منتجات معجون الأسنان، التي يتم فيها دمج كل من المواد الهلامية والرواسب لأغراض إزالة البقع،

بالإضافة إلى ذلك، عادةً ما يتم تقوية جزيئات معجون السيليكا الكاشطة بترسيبها أثناء المعالجة من أجل

زيادة تعزيز خصائص التنظيف.

## III.2.7. الإمتزاز:

يعتبر هلام السيليكا الغير متبلورة أكثر المواد الماصة إستخدامًا، نتيجة لتعرضها لظروف تجفيف معتدلة سطح سيلانول (*silanol*)، الذي يتفاعل بقوة مع كل من الأنواع القطبية والقابلة للإستقطاب بسهولة حيث يمتص هذه الأخيرة بشكل أفضل من الخلائط التي تحتوي على مركبات قطبية أقل في وجود الماء أو غيره من المذيبات شديدة القطبية، و ذلك بسبب عدم التماثل الإلكتروني لذرات الأكسجين والهيدروجين، بالإضافة لإحتواء سطح السيليكا الحمضي على شحنات تسمح بالتفاعل الأيوني مع الجزيئات المشحونة.

## III.3.7. عامل التقوية:

تستخدم السيليكا كحشو لتقوية و تحسين الخصائص الميكانيكية المهمة للمطاط بما في ذلك قوة الشد ومقاومة التمزق والتآكل بالنسبة لهذه التطبيقات، كما يتم إستخدام السيليكا المترسبة فقط وليست المواد القائمة على الهلام، وتتمثل إحدى مزايا السيليكا المترسبة على الكربون بإمكانية إنتاج سلع معمرة مثل نعال الأحذية بألوان غير الأسود، وعليها تزداد درجة التعزيز تقريبًا مع زيادة حجم الجسيمات.

## III.4.7. مزيل الرغوة:

يمكن أن يتسبب تكوين الرغوات المستقرة في حدوث مشكلات كبيرة في العمليات الصناعية مثل تصنيع الدهانات والطلاء والمنسوجات والورق والمنظفات وفي الصناعة الكيميائية، كما يمكن أن تؤثر الرغوة على جودة المنتج النهائي أو تعيق عملية التصنيع عن طريق تقليل سعة الخزانات أو الحاويات أو عن طريق التسبب في مشاكل الضخ، لهذا السبب تم تطوير الأنظمة وعمليات التحكم في رغوة عالية الفعالية، و بدون أي تأثير سلبي على عملية التصنيع أو المنتج النهائي، وهي عبارة عن مشتتات

مصنوعة من الزيوت و السيليكا الكارهة للماء و المعالجة مسبقاً مع مجموعة كبيرة و متنوعة من السيليكا المستخدمة، كما تستخدم كعامل مانع للترسيب في تصنيع مزيلات الرغوة مما يوفر فترة تخزين أطول وجودة عالية<sup>[11]</sup>.

#### ✓ تطبيقات أخرى للسيليكا:

تستخدم السيليكا في البطاريات للتحكم في المسامية و إنسكاب الزيت و في المنتجات الصيدلانية وتعبئة عمود الكروماتوغراف و المواد اللاصقة و الإلكترونيات و مواد طب الأسنان والسيراميك بالإضافة لتصنيع الإسمنت و صنع الزجاج و إستخلاص الزيت و إنتاج السيليكون و غيرها من الإستخدامات الأخرى<sup>[11]</sup>.

## قائمة المراجع

## المراجع بالعربية:

- [34] أ. نور الدين الصالح بشينة، "الخواص الفيزيائية لثاني أكسيد السيليكون من الرمل إلى التقنيات المتقدمة"، قسم الفيزياء - كلية العلوم - الزاوية، العدد: السابع عشر، أغسطس 2015 م.

## المراجع بالأجنبية:

- [1] L. Kolisko and E. Kolisko, *L'agriculture du futur*. Biodynamie services, 2017.
- [2] M. Hodson, P. White, A. Mead, and M. Broadley, "Phylogenetic variation in the silicon composition of plants," *Annals of botany*, vol. 96, no. 6, pp. 1027-1046, 2005.
- [3] D. R. Eddy, F. N. Puri, and A. R. Noviyanti, "Synthesis and photocatalytic activity of silica-based sand quartz as the supporting TiO<sub>2</sub> photocatalyst," *Procedia Chemistry*, vol. 17, pp. 55-58, 2015.
- [4] Y. Cheng, F. Luo, Y. Jiang, F. Li, and C. Wei, "The effect of calcination temperature on the structure and activity of TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> composite catalysts derived from titanium sulfate and fly ash acid sludge," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 554, pp. 81-85, 2018.
- [5] D. Mittal, "Silica from ash," *Resonance*, vol. 2, no. 7, pp. 64-66, 1997.
- [6] C. Y. Yin, S. A. S. A. Kadir, Y. P. Lim, S. N. Syed-Arifin, and Z. Zamzuri, "An investigation into physicochemical characteristics of ash produced from combustion of oil palm biomass waste in a boiler," *Fuel Processing Technology*, vol. 89, no. 7, pp. 693-696, 2008.
- [7] D. Kaliannan, S. Palaninaicker, V. Palanivel, M. A. Mahadeo, B. N. Ravindra, and S. Jae-Jin, "A novel approach to preparation of nano-adsorbent from agricultural wastes (Saccharum officinarum leaves) and its environmental application," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, no. 6, pp. 5305-5314, 2019.
- [8] P. Terzioğlu, S. Yücel, and Ç. Kuş, "Review on a novel biosilica source for production of advanced silica-based materials: Wheat husk," *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, vol. 14, no. 1, p. e2262, 2019.

- [9] H. J. Naqvi, A. Saeed, A. Umair, and F. H. Shah, "Precipitated silica from wheat husk," *Journal of the Pakistan Institute of Chemical Engineers*, vol. 39, no. 1, pp. 51-54, 2011.
- [10] B. S. Todkar, O. A. Deorukhkar, and S. M. Deshmukh, "Extraction of silica from rice husk," *International Journal of Engineering Research and Development*, vol. 12, no. 3, pp. 69-74, 2016.
- [11] D. S. A., "Synthesis, Extraction and Optimization of Silica Production from Teff straw (Eragrostis tef)," Addis Ababa Institute of Technology, ADDIS ABABA UNIVERSITY, June 2019.
- [12] O. W. Flörke *et al.*, "Silica," *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2000.
- [13] H. S. Katz, J. Mileski, and J. V. Melewski, *Handbook of fillers for plastics*. Springer Science & Business Media, 1987.
- [14] N. C. Uribe, C. A. Echeverry, M. V. Betancur, L. Y. J. Zapata, and J. Martínez, "Possibilities of rice husk ash to be used as reinforcing filler in polymer sector-a review," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 17, no. 1, pp. 127-142, 2018.
- [15] M. J. O'Neil, A. Smith, and P. E. Heckelman, "The merck index: An encyclopedia of Chemicals," *Drugs, and Biologicals*, vol. 13, 2006.
- [16] R. Abdelfettah and A. Aksas, "Préparation et Caractérisation d'un Xérogel Monolithique de Silice par voie Sol-Gel," Université de bejaia, 2016.
- [17] M. A. Fadhlulloh, T. Rahman, A. B. D. Nandiyanto, and A. Mudzakir, "Review tentang sintesis SiO<sub>2</sub> Nanopartikel," *Jurnal integrasi proses*, vol. 5, no. 1, 2014.
- [18] L. Sun and K. Gong, "Silicon-based materials from rice husks and their applications," *Industrial & engineering chemistry research*, vol. 40, no. 25, pp. 5861-5877, 2001.
- [19] C. Real, M. D. Alcalá, and J. M. Criado, "Preparation of silica from rice husks," *Journal of the American ceramic society*, vol. 79, no. 8, pp. 2012-2016, 1996.
- [20] F. Adam, A. E. Ahmed, and S. L. Min, "Silver modified porous silica from rice husk and its catalytic potential," *Journal of porous materials*, vol. 15, no. 4, pp. 433-444, 2008.

- [21] F. Adam, T.-S. Chew, and J. Andas, "A simple template-free sol–gel synthesis of spherical nanosilica from agricultural biomass," *Journal of sol-gel science and technology*, vol. 59, no. 3, pp. 580-583, 2011.
- [22] V. Vaibhav, U. Vijayalakshmi, and S. M. Roopan, "Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles," *Spectrochimica acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy*, vol. 139, pp. 515-520, 2015.
- [23] J. Umeda and K. Kondoh, "High-purity amorphous silica originated in rice husks via carboxylic acid leaching process," *Journal of materials science*, vol. 43, no. 22, pp. 7084-7090, 2008.
- [24] N. Soltani, A. Bahrami, M. Pech-Canul, and L. González, "Review on the physicochemical treatments of rice husk for production of advanced materials," *Chemical engineering journal*, vol. 264, pp. 899-935, 2015.
- [25] P. E. Imoisili, K. O. Ukoba, and T.-C. Jen, "Green technology extraction and characterisation of silica nanoparticles from palm kernel shell ash via sol–gel," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 307-313, 2020.
- [26] L. L. Hench and J. K. West, "The sol-gel process," *Chemical reviews*, vol. 90, no. 1, pp. 33-72, 1990.
- [27] G. Bogush, M. Tracy, and C. Zukoski Iv, "Preparation of monodisperse silica particles: control of size and mass fraction," *Journal of non-crystalline solids*, vol. 104, no. 1, pp. 95-106, 1988.
- [28] C. J. Brinker and G. W. Scherer, *Sol-gel science: the physics and chemistry of sol-gel processing*. Academic press, 2013.
- [29] T. Matsoukas and E. Gulari, "Dynamics of growth of silica particles from ammonia-catalyzed hydrolysis of tetra-ethyl-orthosilicate," *Journal of colloid and interface science*, vol. 124, no. 1, pp. 252-261, 1988.
- [30] T. Matsoukas and E. Gulari, "Monomer-addition growth with a slow initiation step: a growth model for silica particles from alkoxides," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 132, no. 1, pp. 13-21, 1989.
- [31] A. Hassan, A. Abdelghny, H. Elhadidy, and A. Youssef, "Synthesis and characterization of high surface area nanosilica from rice husk ash by surfactant-free

- sol-gel method," *Journal of sol-gel science and technology*, vol. 69, no. 3, pp. 465-472, 2014.
- [32] R. A. Bakar, R. Yahya, and S. N. Gan, "Production of high purity amorphous silica from rice husk," *Procedia Chemistry*, vol. 19, pp. 189-195, 2016.
- [33] V. Carmona, R. Oliveira, W. Silva, L. Mattoso, and J. Marconcini, "Nanosilica from rice husk: extraction and characterization," *Industrial Crops and Products*, vol. 43, pp. 291-296, 2013.
- [34] أ. ن. ا. ص. ا. بشينة, "الخواص الفيزيائية لثاني أكسيد السيليكون من الرمل إلى التقنيات المتقدمة," قسم الفيزياء، المجلد الثاني، أغسطس 2015 م، no. العدد السابع عشر، vol. كلية العلوم - الزاوية.
- [35] J. L. White and K.-J. Kim, *Thermoplastic and rubber compounds: technology and physical chemistry*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2012.

الجزء العشري

# الفصل الرابع: المواد و الطرق

IV. المواد و الأجهزة المستعملة:

1.IV. المواد:

الجدول (1-IV): يوضح المواد المستعملة في خطوات العمل.

| الشركة المنتجة         | النقاوة % | الكتلة المولية g/mol | الصيغة الكيميائية              | المواد             |
|------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------|--------------------|
| BIOCHEM<br>Chemopharm  | 33%       | 36.46                | HCl                            | حمض كلور الماء     |
| BIOCHEM<br>Chemopharm  | 99.99%    | 98.07                | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | حمض الكبريتيك      |
| BIOCHEM<br>Chemopharma | 97%       | 40                   | NaOH                           | هيدروكسيد الصوديوم |

2.IV. الأجهزة المستعملة:

مخلاط مغناطيسي.

جهاز pH متر.

ميزان حساس نوع (EXPLORER) بدقة (0.1 mg)، صنع من طرف (OHRUS).

جهاز الأشعة تحت الحمراء IR-ATR من نوع (ID5 ATR)، صنع من طرف شركة (Nicolet IS5).

جهاز الأشعة السينية (Rayon -X) من نوع (PROTO AXRD Benchtop).

جهاز المسح المجهر الإلكتروني (MEB) من نوع (FESEM).

جهاز التجفيف.

فرن.

3.I. خطوات العمل:

1.3.IV. تجميع و تحضير القشور:

تم الحصول على قشور الفول السوداني و جوز من السوق المحلي لولاية الوادي، كما هو موضح

في الشكلين (1-IV)، (2-IV).



الشكل (1-IV): قشور الفول السوداني.



الشكل (2-IV): قشور الجوز.

2.3.IV. طحن القشور:

بعد تجميع الكمية المطلوبة من القشور والتي تم طحنها بواسطة آلة الطحن كما هو في شكلين

(3-IV)، (4-IV).



الشكل (3-IV): قشور الفول السوداني بعد الطحن .



الشكل (4-IV): قشور الجوز بعد الطحن.

## 3.3.IV. إستخلاص السيليكا :

بعد عملية طحن، تم أخذ 100g من قشور الفول السوداني والجوز ليتم معالجتها بـ 1000 ml من محلول HCl بتركيز (2.5M) لمدة 1h عند درجة حرارة 70°C مع تحريك المستمر كما هو موضح في شكلين (5-IV)، (6-IV)؛ ومن ثم غسل العينات بالماء المقطر مع الترشيح، وبعدها نقوم بحرقها لمدة 1h عند درجة حرارة 700°C بواسطة الفرن كما هو مبين في شكل (7-IV)، ثم معالجة كل 10g من العينات المحروقة بـ 100 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (2.5M) لمدة 1h عند درجة حرارة 70°C كما هو موضح في شكل (8-IV) مع تحريك المستمر ثم الترشيح للحصول على رشاحة سيليكات الصوديوم كما هو مبين في شكل (9-IV)، وبعدها تم تعديل درجة الحموضة بواسطة حمض الكبريتيك H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> حتى pH=7 مع تسخين لمدة 1h عند درجة حرارة 80°C مع تحريك المستمر ثم نتركه يبرد في درجة حرارة الغرفة لمدة 20h كما هو موضح في شكل (10-IV)، بحيث تبدأ السيليكا بظهور تدريجياً، و الشكل (11-IV) يلخص خطوات العمل.



الشكل (5-IV): يوضح معالجة قشور الفول السوداني المطحونة بواسطة محلول HCl.



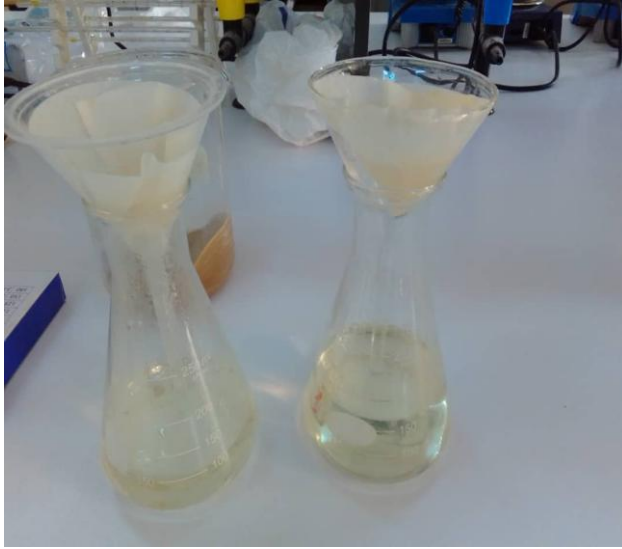
الشكل (6-IV): يوضح معالجة قشور الجوز المطحونة بواسطة محلول HCl.



الشكل (7-IV): القشور بعد الحرق.



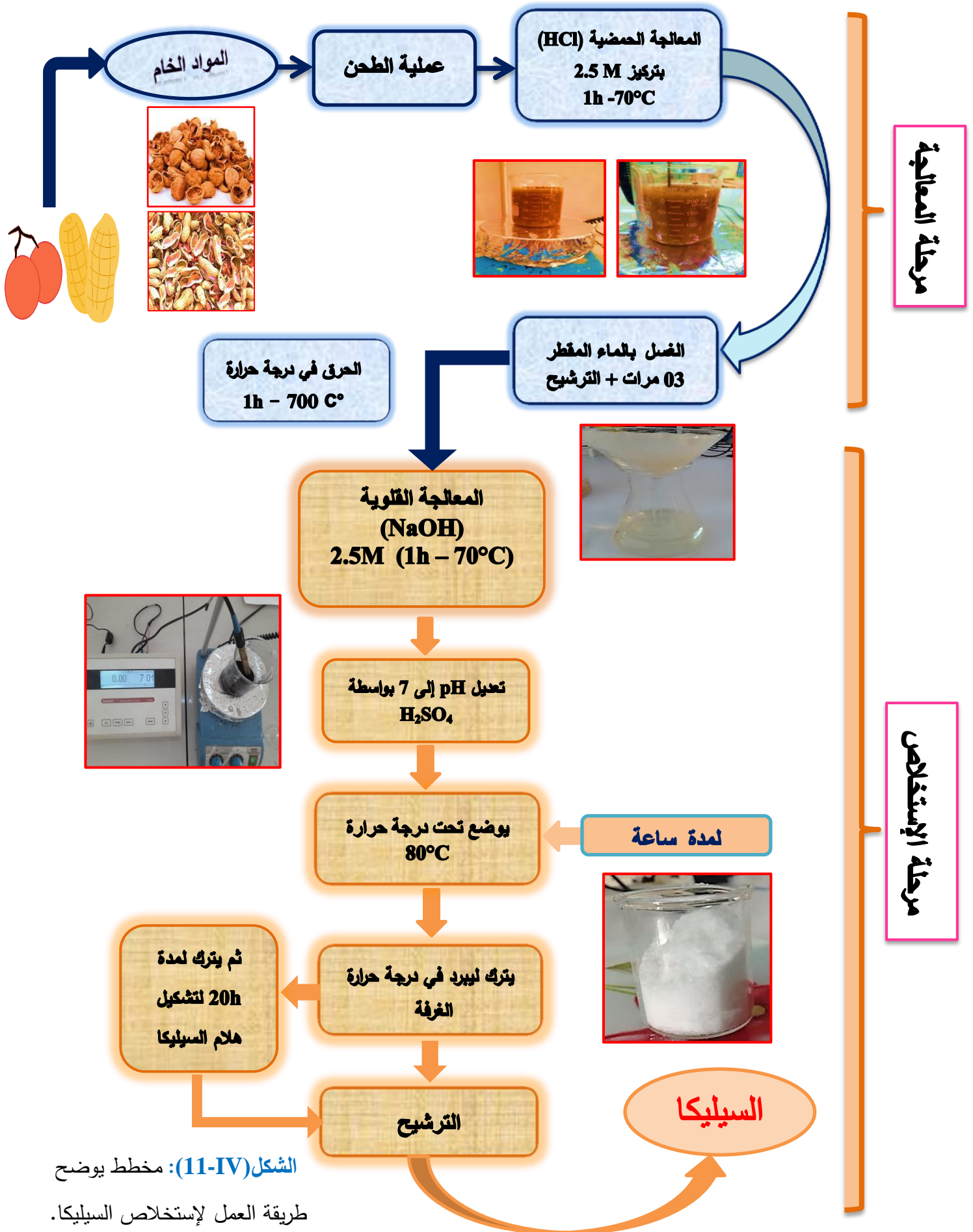
الشكل (8-IV): يوضح معالجة العينات المحروقة بواسطة محلول NaOH.



الشكل (9-IV): المستخلص بعد المعالجة بواسطة محلول NaOH (سيليكات الصوديوم).



الشكل (10-IV): يوضح عملية تعديل درجة الحموضة بواسطة  $H_2SO_4$ .



الشكل (IV-11): مخطط يوضح طريقة العمل لإستخلاص السيليكا.

#### 4.IV. حساب المردود:

تم حساب المردود لكل تجربة إستخلاص بواسطة النسبة بين عينة الوزن المستخلص ( $W'$ ) و الوزن الأولي للقشور بعد الحرق ( $W$ ) بإستخدام المعادلة التالية<sup>[1]</sup>:

$$\% \text{ المردود (Yield)} = \frac{W'}{W} 100\% \dots \dots \dots (1 - IV)$$

#### 5.IV. حساب محتوى الرطوبة للقشور:

تم تحديد المحتوى الرطوبة لقشور الفول السوداني والجوز الخام ( $MC$ ) بواسطة النسبة بين وزن القشور في حالتها الطبيعية ( $A$ ) و وزن العينة المجففة ( $C$ ) بإستخدام المعادلة التالية<sup>[1]</sup>:

$$MC(\%) = \frac{A - C}{C} \times 100 \dots \dots \dots (2 - IV)$$

#### 6.IV. تحديد محتوى الرماد:

تم حساب محتوى الرماد باستخدام المعادلة التالية<sup>[1]</sup>:

$$TS = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100 \dots \dots \dots (3 - IV)$$

$$W_0 = \text{وزن البوتقة}$$

$$W_1 = \text{وزن البوتقة} + \text{العينة قبل التحلل الحراري}$$

$$W_2 = \text{وزن البوتقة} + \text{العينة بعد التحلل الحراري}$$

#### 7.IV. تقنيات توصيف:

نقدم في ما يلي، لمحة عامة عن التقنيات المستخدمة في توصيف عينات لدينا.

## 1.7.IV. التحليل بمطيافية الأشعة تحت الحمراء ATR-FTIR:

تعتبر المطيافية تحت الحمراء من أهم الوسائل المعتمدة في توضيح ماهية المركبات العضوية<sup>[2]</sup>، نظرا لتطبيقاتها الواسعة في مجالي التحليل النوعي والكمي، وخاصة التحليل النوعي الذي يعتمد في الآونة الأخيرة في التعرف على التركيب الكيميائي للمركبات المجهولة و الكشف عن نقاوتها<sup>[3]</sup>.

## 1.1.7.IV. مناطق الأشعة تحت الحمراء:

تقع الأشعة تحت الحمراء في المنطقة المحصورة بين طيف الأشعة المرئية والموجات القصيرة microwave، والتي توافق الطول الموجي الواقع بين 0.75 - 500 ميكرومتر، وعادة ما يقاس طيف الأشعة تحت الحمراء بمعرفة الطول الموجي ( $\lambda$ ) أو العدد الموجي ( $\tilde{\nu}$ )، فيكون مجال طيف الأشعة تحت الحمراء من  $20 \text{ cm}^{-1}$  إلى  $14000 \text{ cm}^{-1}$ <sup>[4, 5]</sup>، وتقسم منطقة الأشعة تحت الحمراء إلى ثلاث مناطق، وهي:

✚ منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة:  $14000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ .

✚ منطقة الأشعة تحت الحمراء الوسطى:  $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ .

✚ منطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة:  $650 - 20 \text{ cm}^{-1}$ .

معظم أجهزة التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء تعتمد على منطقة الأشعة تحت الحمراء الوسطى  $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$  في التحليل الطيفي، لأن أغلب المركبات العضوية يتم التعرف عليها من خلال المعلومات الطيفية لهذه المنطقة، وخاصة المنطقة ما بين  $1500 - 700 \text{ cm}^{-1}$  وهي منطقة حساسة جدا، يطلق عليها منطقة البصمة حيث يتأثر عدد ومواقع الإمتصاصات في طيف الأشعة تحت الحمراء بمجرد تغير بسيط في التركيبة الجزيئية للمركب الكيميائي<sup>[6]</sup>، كما أنها تتميز بإمتصاصات

الروابط الفردية بين ذرات الكربون و الذرات الأخرى ماعدا الهيدروجين (C-CL,C-O,C-C)، أما بعض الأجهزة الحديثة فيمتد فيها التحليل إلى منطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة.

#### 2.1.7.IV. التحليل النوعي:

وهو طريقة معتمدة إلى حد كبير في الكشف عن التركيبة الكيميائية للمركبات العضوية المجهولة و ذلك للتعرف على المجموعات الوظيفية المكونة لها<sup>[3]</sup>، أنظر إلى الملحق (3).

#### 2. 7. IV. Attenuated total reflectance (ATR):

##### 1.2. 7.IV. تعريف:

يطلق عليها توهن الإنعكاس الكلي Attenuated total reflectance أو الإنعكاس الداخلي<sup>[4]</sup>، و تمكن من فحص العينات مباشرة في الحالة الصلبة والسائلة دون مزيد من التحضير، و تحديد المجموعات الوظيفية المتواجدة في المركبات.

#### 2.2.7.IV. تحليل العينات:

##### السائلة:

يتم تحليل السوائل بمطيافية تحت الحمراء ATR بطريقة بسيطة حيث يتم تغطية الكريستال كليا بسكب السائل مباشرة على سطحه، ويتم قياس طيف الأشعة مباشرة، كما هو مبين في الشكل (12-IV).



الشكل (12-IV): طريقة وضع العينات السائلة في مكان وضع العينة لجهاز ATR.

## الصلبة:

يتم وضع العينة الصلبة في منطقة الكريستال الصغيرة "التي تكون عادة من مادة ألماس لمتانته و قوة تحمله للضغط" ثم يتم ضغط العينة الصلبة بوضع الذراع على الكريستال، أما بالنسبة لمساحيق المواد الصلبة يتم تحليلها بوضعها على سطح الكريستال بسمك صغير لا يتعد بعض المليمترات دون ضغط الذراع وقد حققت هذه التجارب نتائج مثالية عالية<sup>[7]</sup>، كما هو موضح في شكلين (13-IV)، (14-IV).



الشكل (14-IV): طريقة ضغط الذراع على العينات في جهاز ATR.

الشكل (13-IV): طريقة وضع العينات الصلبة في جهاز ATR.

ATR هي الطريقة الأكثر إستخداما، حيث تستخدم للتحليل النوعي و الكمي للعينات بطريقة سريعة وغير مكلفة، فنقوم بتحليل العينة في حالتها الفيزيائية دون أي معالجة على خلاف طريقة FT-IR التي تعتمد على طريقة تحضير العينات و خاصة العينات الصلبة التي تعالج بطريقة تشكيل أقراص شفافة من بروميد البوتاسيوم<sup>[8]</sup>، و التي يستوجب تحضيرها والتعامل معها بطريقة دقيقة، وللتغلب على مشاكل العينات المستعملة في طريقة FT-IR اقترحت طريقة ATR حيث يتم وضع العينة مباشرة في المكان المخصص لها سواء كانت صلبة، أو سائلة، أليافا أو مساحيق. ليتم تحليلها في غضون ثواني<sup>[9]</sup>.

## 3.7.IV. طريقة العمل:

تم تحليل عينات السيليكا في جهاز IR-ATR بطريقة مباشرة سهلة؛ حيث تم وضع العينات في مكان وضع العينة، ثم يتم ضغط الذراع على العينة الصلبة، لتتم قراءة البيانات و المعطيات الطيفية بصورة مباشرة كما في الشكل (15-IV) التالي:



الشكل (15-IV): طريقة وضع العينة في جهاز IR-ATR .

## IV. 4.7. المسح المجهر الإلكتروني (MEB):

جهاز المسح المجهر الإلكتروني (MEB أو SEM) هو تقنية مجهرية و تحليلية نوعية و شبه كمية (EDX)، يعمل على تحليل المواد العضوية و الغير العضوية باستخدام مقياس النانومتر أو ميكرومتر (ميكرون) زيادة على قدرته على تقديم معلومات أساسية عن التركيب المادي للعينات المسوحة ضوئياً و التي لا يمكن تقديمها من خلال الإختبارات المختبرية، و كذا بإمكانه توفير صور سطحية عالية الدقة لجميع المواد الصلبة تقريبا في سلم يتراوح فيه حجم المكبر (x10 - x500.000 أو أكثر)،

و يستعمل في عدة مجالات أهمها علم المواد و تصوير الشكل مورفولوجيا، و هذا ما يوضحه الشكل

(16-IV)<sup>[10]</sup>.



الشكل (16-IV): جهاز المسح المجهر الإلكتروني MEB<sup>[11]</sup>.

#### 1.4.7.IV. المبدأ:

تعمل هذه التقنية على تشكيل شعاع إلكتروني رفيع جدا حيث يقوم دفع هذا الشعاع على سطح العينة<sup>[12,13]</sup>، فتتحرك حزمة الإلكترونات بشكل دوري بإستخدام الجهد الكهرومغناطيسي هذه الحزمة تمر عبر سلسلة من العدسات (مكثف)، وبعدها يتم تسريع هذه الحزمة إتجاه الكاشف، بحيث يمكن ترجمتها إلى صورة تحدد الشكل المورفولوجي للمادة (شكلها، وحجم الجسيمات، و كيفية تموضعها)<sup>[12,14]</sup>.

#### 2.4.7.IV. مكونات الجهاز:

في عملنا، إستخدمنا المجهر الإلكتروني من نوع FESEM حيث يتكون من:

#### 1.2.4.7.IV. عمود الإلكترون:

العمود الإلكتروني يتكون من مدفع إلكتروني، عدسات كهرومغناطيسية و لفائف كهربائية حيث يتم الإحتفاظ به تحت فراغ في حدود (  $10^{-3}$  Pa ).

2.2.4.7.IV. غرفة "مكان وضع العينة": توضع العينة (إما مباشرة أو عن طريق وسيط SAS).

3.2.4.7.IV. الكاشف الإلكتروني: يقوم بجمع الأشعة الالكترونية و الكهرو مغناطيسية الصادرة من

العدسة

4.2.4.7.IV. نظام لتصوير الصور: يتيح معرفة معلومات حول العينة.

5.2.4.7.IV. تجميع النتائج والتحكم في الكمبيوتر: و هذا عبر الكمبيوتر و التصوير الرقمي لشكل

العينة كما هو موضح في الشكل (17-IV).



الشكل (17-IV): أدوات جهاز المسح المجهر الإلكتروني.

5.7.IV. إنحراف الأشعة السينية (Rayon X) (DRX):

الأشعة السينية هي أشعة كهرومغناطيسية أطوالها الموجية قصيرة جدا ذات طابع مزدوج ، كما تعد من أهم الطرق المستخدمة لتحديد طبيعة و بنية المنتجات المتبلورة، زيادة على ذلك تستخدم في العديد من المجالات المتعلقة بالبحث (صحة مادة جديدة أو تفاعل كيميائي أو فيزيائي...إلخ).

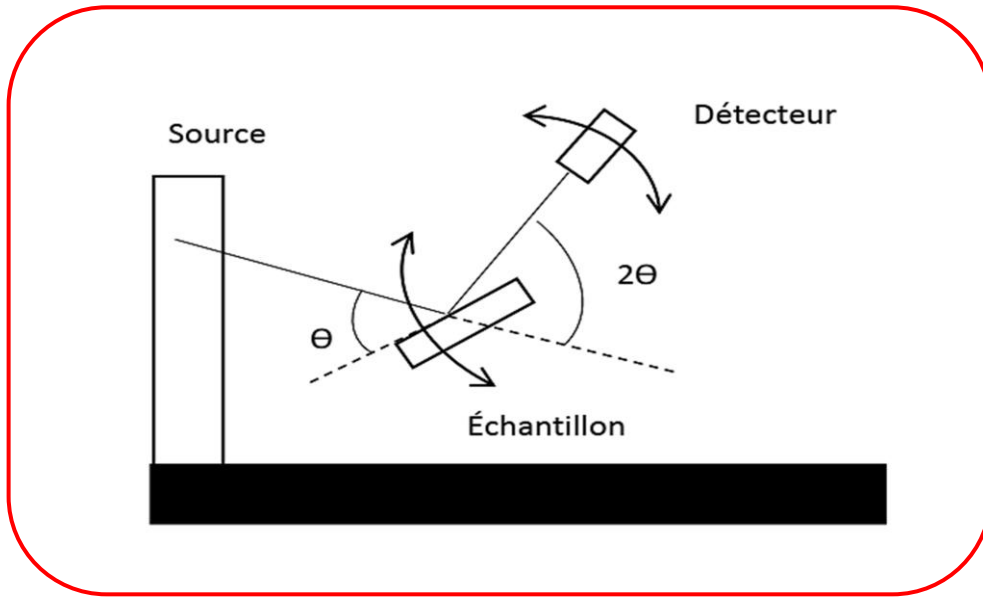
## 1.5.7.IV. المبدأ:

يتم إرسال حزم الأشعة السينية التي ينتجها الأنبوب إلى العينة فتتحرف عند إصطدامها بالذرات، ثم تتداخل مع بعضها البعض مما يؤدي إلى إنتاج إشارة مكثفة في بعض المناطق الدقيقة للمساحة، والتي يتم جمعها بواسطة الكاشف كما هو موضح في الشكل (18-IV)، فتترجم في شكل منحنى (*diffractogramme*) الذي يحتوي على قمم مع حيود زوايا محددة، فنتموضع هذه القمم حسب ترتيب الذرات داخل الكريستال (المسافة بين الذرات، بين الشكل الداخلي البلوي *intracrystalline*)، وهذا ما يوضحه قانون براج (*Bragg*) وفق العلاقة التجريبية التي تربط زوايا القمم و المسافات بين الشكل البلوي للذرات<sup>[15]</sup>، كما هي موضح في المعادلة التالية:

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

بحيث:

- $d$  هي مسافة العينة،
- $\theta$  هي زاوية حدوث الأشعة السينية،
- $n$  عدد صحيح،
- $\lambda$  هو الطول الموجي للأشعة السينية.



الشكل (18-IV): مبدأ Diffractomètre في هندسة براج [16].

#### 2.5.7.IV. مكونات الجهاز:

يتم تركيب مقياس الحيود في "حيز" مضاد للاهتزاز مع حواجز تمنع خروج الأشعة السينية،

ويتكون من ثلاثة عناصر رئيسية:

#### 1.2.5.7.IV. مصدر الأشعة:

يتكون من خيط وقطبين كهربائيين (الكاثود و الأنود) محصورين في غرفة مفرغة، عند تسخينها

يتم تحرير الإلكترونات، تحت التأثير الجهد المطبق بين القطبين لينتج تسارع لحركة الإلكترونات نحو

القطب الموجب مع نقل الطاقة إلى قطب الأنود الذي يعيد جزءاً من هذه الطاقة في شكل أشعة سينية.

#### 2.2.5.7.IV. كاشف:

يسمح بجمع الأشعة المنعرجة بواسطة العينة.

## 3.2.5.7.IV. مقياس الزوايا:

هو نظام ميكانيكي يستخدم لتدوير حامل الكاشف مع العينة حول نفس المحور الأفقي، بحيث إذا كانت زاوية دوران العينة  $\theta$ ، فستكون زاوية الكاشف  $2\theta$ ، تم تسجيل بانحراف على مقياس حيود الأشعة السينية من النوع *PROTO AXRD Benchtop*، بإستخدام إشعاع  $K\alpha$  من الكوبالت ( $\lambda = 1.7890100 \text{ \AA}$ ).

## قائمة المراجع

## المراجع بالعربية:

- [3] د. عبد العليم سليمان أبو المجد، "التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء"، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، 2011.
- [4] د. عبد المنعم محمد السيد الاعسر، "التحليل الطيفي للأنظمة الكيميائية و البيوكيميائية"، الطبعة الثانية، الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة، 2000.
- [5] المؤسسة العامة للتدريب التقني و المهني، "طرق التحليل الطيفي تخصص مختبرات كيميائية"، المملكة العربية السعودية، ص 30-33، 2010.
- [6] د. بشار عبد العزيز محمود، "محاضرات في الكيمياء التحليلية"، جامعة الأنبار: كلية التربية للعلوم الصرفة، 2016.

## المراجع بالأجنبية:

- [1] F. Hagereselam, "Synthesis, Extraction and Optimization of Silica Production from Teff straw (*Eragrostis tef*)", Master of Science, Addis Ababa University June 2019
- [2] A. Naumann, S. Peddireddi, U. Kües, A. J. W. p. Polle, wood technology,, and b . impacts, "10. Fourier Transform Infrared Microscopy in Wood Analysis", p. 179, 2007.
- [7] M. Billerica, "Attenuated Total Reflection (ATR)—a versatile tool for FT-IR spectroscopy", 2011.
- [8] P. Elmer, "FTIR Spectroscopy Attenuated Total; Reflectance (ATR), Technical note", *Retrieved April*, vol. 15, p. 2013.2005 ,
- [9] P. Elmer, "FTIR Spectroscopy Attenuated Total; Reflectance (ATR), Technical note", vol. 15, p. 2013, 2005.

# الفصل الخامس: النتائج و المناقشة

V. النتائج و المناقشة:

1.V. توصيف المواد الخام:

1.1.V. حساب مردود السيليكا:

تم حساب مردود السيليكا الحيوية المستخلصة من رماد قشور الفول السوداني و الجوز من خلال المعادلة (1 – IV).

➤ مردود% (قشور الجوز):

$$\%Yeild = \frac{10}{14} \times 100 = 71.43\%$$

➤ مردود% (قشور الفول السوداني):

$$\%Yeild = \frac{16}{20} \times 100 = 80\%$$

من خلال هذه نتائج التي تم فيها إستخلاص السيليكا الحيوية من قشور الفول السوداني و قشور الجوز، كانت نسبة المردود جيدة مقارنة بالدراسات السابقة حيث تحصلنا على مردود قشور الفول السوداني بنسبة تقدر بـ % 80، و % 71 للجوز كقيمة تجريبية؛ حيث توصل *Patrick E. Imoisili* و آخرون إلى مردود % 56.65 من السيليكا المستخرجة من نواة النخيل، و *Soraya Nur Ishmah* و آخرون إلى مردود % 97.3 من من الرمل، وهذا ما تلخصه مقارنة بعض نتائج الدراسات سابقة مع دراستنا كما هو مبين في الجدول (1-V)، و عليه يمكن القول أن قشور الفول السوداني و الجوز موردا جيدا لمادة السيليكا الحيوية.

الجدول (1-V): مقارنة

| المرجع       | المردود (%) | الوقت (h) | درجة الحرارة (°C) | الظروف التجريبية   | السنة | مصدر السيليكا       |
|--------------|-------------|-----------|-------------------|--|-------|---------------------|
| [1]          | 52          | -         | -                 | 1 M هيدروكسيد الصوديوم و 6M من حمض الكبريتيك لتعديل pH إلى 7   | 2014  | أوراق الخيزران      |
| [2]          | 91          | 1         | -                 | من 1N من هيدروكسيد الصوديوم NaOH ومعايرتها بـ 1N HCl لتعديل pH إلى 7                                     | 2017  | قشور الأرز          |
| [4,3]        | 90.3        | 3         | -                 | 2.5M هيدروكسيد الصوديوم و 2.5M حمض الكبريت H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ، لتعديل pH إلى 8.5            | 2017  |                     |
| [5]          | 91.76       | 1         | 100               | 2.5 N من هيدروكسيد الصوديوم و 5 N من H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> لتعديل pH إلى أقل من 10              | 2018  | قشور جوز الهند      |
| [6]          | 90          | 1         | 50                | 5 N من حمض الكبريتيك   | 2020  |                     |
| [7]          | 56.65       | 2         | -                 | 2 N من هيدروكسيد الصوديوم و NaOH و 2 N من HCl لتعديل pH في حدود 7.5-8.5                                  | 2020  | قشور نواة النخيل    |
| [4,3]        | 97.3        | 4         | 95                | هيدروكسيد الصوديوم 3 M، و حمض الهيدروكلوريك 6 M لتعديل pH إلى 7  | 2020  | الرمل               |
| العمل الحالي | 80          | 1         | 70                | 2.5 M من هيدروكسيد الصوديوم و NaOH ومعايرتها بحمض الكبريت H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> لتعديل pH إلى 7 | 2021  | قشور الفول السوداني |
| العمل الحالي | 71          | 1         | 70                | 2.5 M من هيدروكسيد الصوديوم و NaOH ومعايرتها بحمض الكبريت H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> لتعديل pH إلى 7 | 2021  | قشور الجوز          |

2.1.V. محتوى الرطوبة من القشر الخام:

تم حساب محتوى الرطوبة لقشور كل من الجوز و الفول السوداني بإستخدام المعادلة (IV – 2) ، فأخذت 3g من القشور وجففت في الفرن حتى الحصول على كتلة ثابتة، ثم تم أخذ الوزن و مقارنته بالوزن الإبتدائي.

✚ محتوى رطوبة الجوز:

$$MC(\%) = \frac{3-2.82}{2.82} \times 100 = 6.4\%$$

✚ محتوى الرطوبة للفول السوداني:

$$MC(\%) = \frac{3 - 2.6}{2.6} \times 100 = 15\%$$

3.1.V. تقدير محتوى الرماد:

يختلف محتوى الكتلة الحيوية اعتمادا على كيمياء التربة وطبيعة الكتلة الحيوية و حالة المناخ بما في ذلك الموقع الجغرافي، لذا من الضروري معرفة محتوى الرماد المتحصل عليه بعد عملية الحرق للقشور، و إعتمادا على المعادلة (IV – 3) تم حساب محتوى رماد العينات؛ فأشارت النتائج أن محتوى الرماد في قشور الفول السوداني له قيمة أكبر مقارنة بقشور الجوز.

✚ محتوى الرماد للجوز:

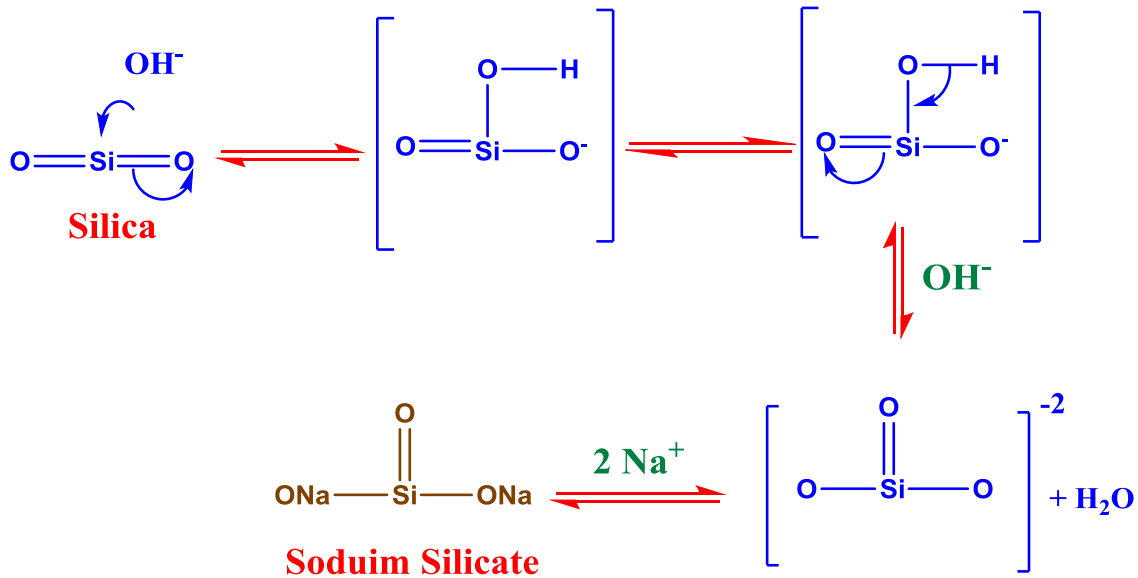
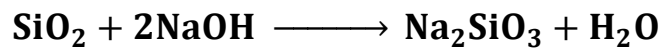
$$TS = \frac{14}{50} \times 100 = 28\%$$

✚ محتوى الرماد للفول السوداني :

$$TS = \frac{20}{50} \times 100 = 40\%$$

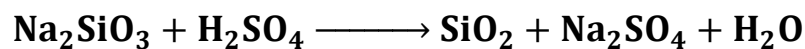
2.V. آلية حدوث التفاعل:

أثناء تحضير سيليكات الصوديوم من رماد قشور الفول السوداني والجوز، نتج عنها عدة تفاعلات كيميائية كما هو موضح في الشكل (1-V)، فإن الخطوة التي تلي الحرق كانت عبارة عن توليف محلول سيليكات الصوديوم، و في هذه المرحلة تتفاعل السيليكا الموجودة في الرماد مع هيدروكسيد الصوديوم وينتج عنها سيليكات الصوديوم والماء؛ كما هو مبين في التفاعل التالي:



الشكل (1-V): آلية تشكيل سيليكات الصوديوم [8].

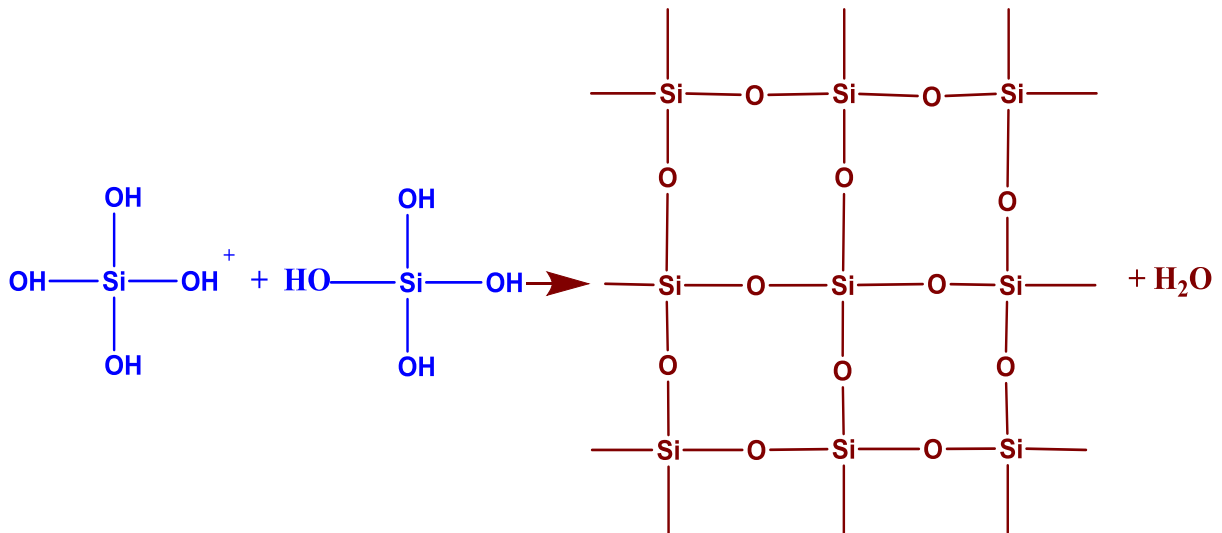
في هذه المرحلة تم تعديل الرقم الهيدروجيني  $\text{pH}=7$  لمحلول سيليكات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) باستخدام  $\text{H}_2\text{SO}_4$  مع التحريك القوي عند درجة  $70^\circ\text{C}$ ، فتفاعل سيليكات الصوديوم مع حامض الكبريتيك لنترسب السيليكا ( $\text{SiO}_2$ ) كما في التفاعل و الشكل (2-V) التالي:





الشكل (2-٧) : يوضح السيليكا المترسبة.

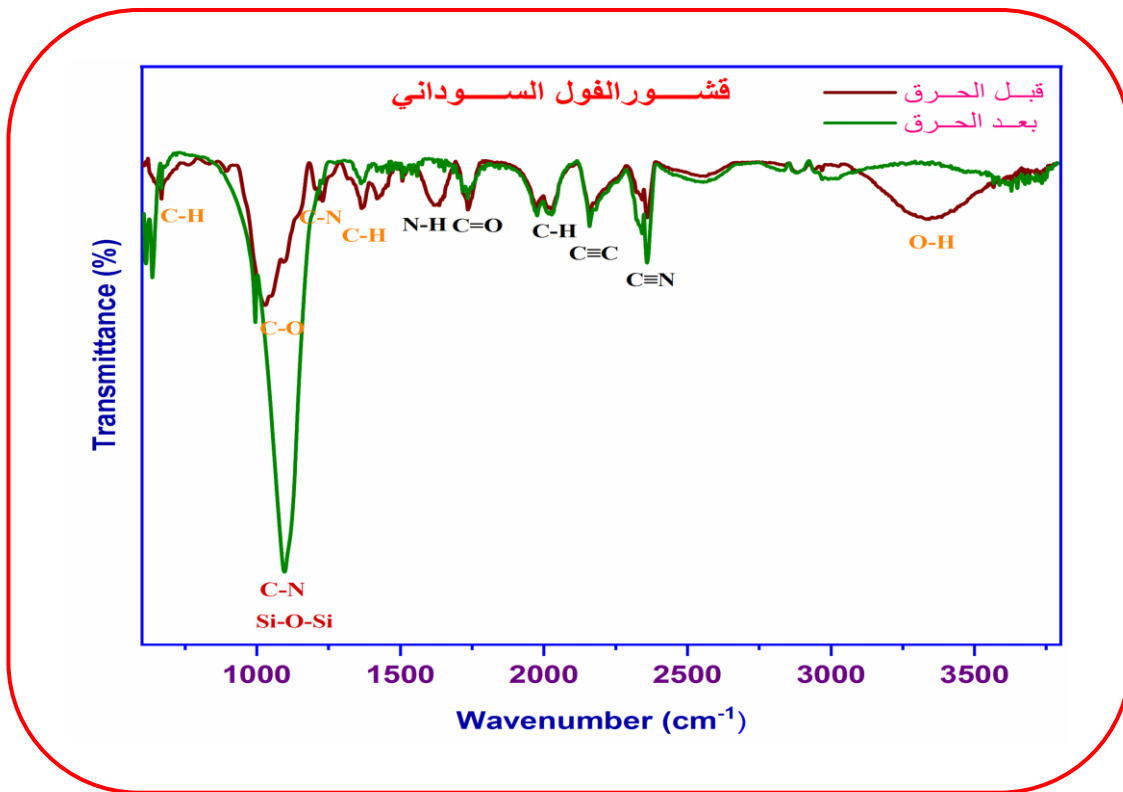
عندما ترسبت السيليكا كانت المرحلة الأخيرة بعد الغسيل هي تفاعل التكتيف.



3.V. دراسة خصائص العينات:

1.3.V. توصيف عينة قشور الفول السوداني بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

لتحديد المجموعات الكيميائية الرئيسية وكذا تزايط عناصرها داخل عينات قشور الفول السوداني قبل و بعد عملية الحرق، تم استخدام جهاز ATR-FTIR في درجة حرارة الغرفة كما يوضحه الشكل (3-V) أدناه.



الشكل (3-V): طيف الإمتصاص للأشعة تحت الحمراء لقشور الفول السوداني.

فقبل عملية الحرق ظهرت مجموعات وظيفية مسؤولة عن إمتصاص الأشعة تحت الحمراء في

شكل قمم عند حدود  $666.935 \text{ cm}^{-1}$  و  $1224.46 \text{ cm}^{-1}$  لمجموعتي الألكان (C-H) و الأمين C-N أو

، و عند الطول الموجي  $1029.98 \text{ cm}^{-1}$  و  $1360.61 \text{ cm}^{-1}$  لمجموعتي الكحول (Siloxy) Si-O-Si،

الأولي بسبب وجود المزيد من مجموعات C-O في قشور الفول السوداني و للرابطة الوظيفية C-H

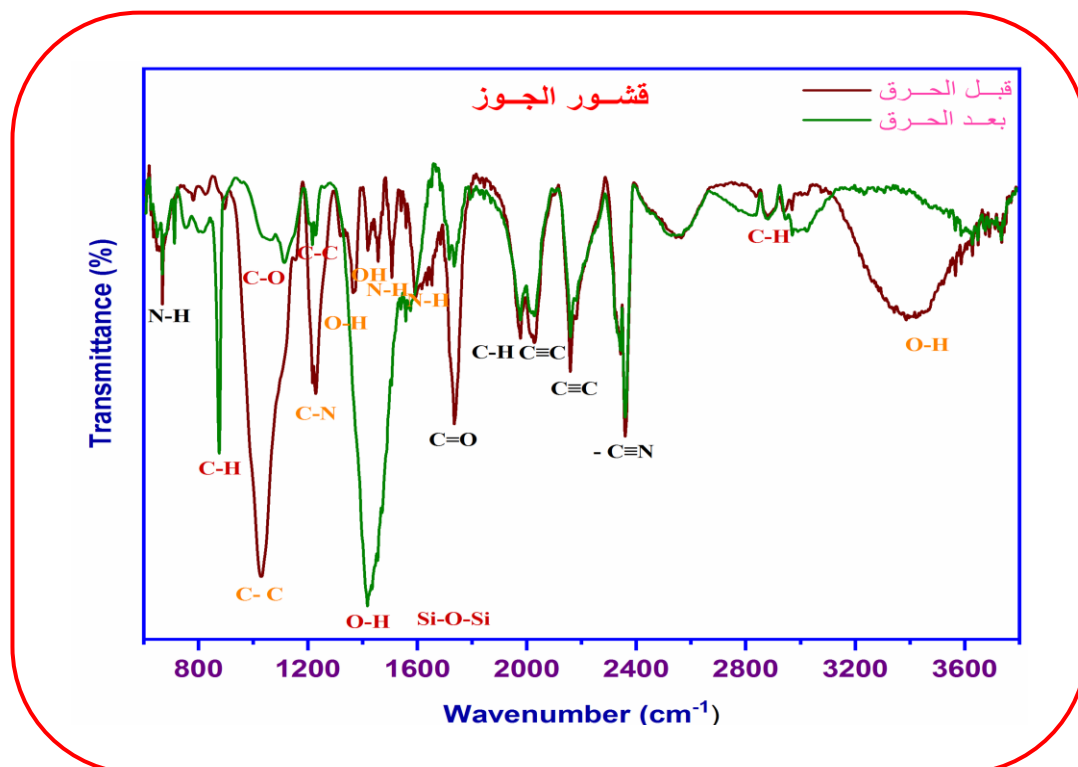
نتيجة لإمتداداتها، إلى جانب إمتصاص عند  $1613.44 \text{ cm}^{-1}$  الراجع لوجود I amides (N-H) و كذلك عند الطول الموجي  $1736.61 \text{ cm}^{-1}$  الذي يوضح رابطة الأدهيدية الأليفاتية C=O الناتجة عن مجموعات Hemicellulose و Lignin<sup>[9]</sup>، لترابطها بالأحماض الكربوكسيلية و / أو مجموعات الأستر (-COOH، -COOCH<sub>3</sub>)<sup>[10, 11]</sup>، و تمدد غير متناظر عند  $2028.34 \text{ cm}^{-1}$  للرابطة العطرية C-H و على  $2164.48 \text{ cm}^{-1}$  و  $2365.45 \text{ cm}^{-1}$  و  $3337.89 \text{ cm}^{-1}$  لوظيفة الألسين C ≡ C و النتريل C ≡ N و الكحولية (-OH) على التوالي.

أما بعد الحرق لوحظ تغير في إمتداد القمم حيث سجل إمتصاص عند القيمة  $991.08 \text{ cm}^{-1}$  لتواجد الكحول الثالثي C-O و عند القيمة  $1088.32 \text{ cm}^{-1}$  تكون الوظيفة الأمينية C-N، وحيث ظهرت القمم  $1360.6 \text{ cm}^{-1}$  و  $1743.1 \text{ cm}^{-1}$  و  $1970 \text{ cm}^{-1}$  موضحة لوجود الرابطة الحمضية O-H و الأستر C=O والحلقة العطرية C-H على الترتيب، كما نلاحظ في القيمة  $2158 \text{ cm}^{-1}$  إمتصاص لوظيفة الألسين C ≡ C و في القيمة  $2358.97 \text{ cm}^{-1}$  للنتريل.

### 2.3.V. توصيف عينة الجوز بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

يوضح الشكل (4-V) مختلف تغيرات نطاق طيف الإمتصاص قبل و بعد عملية حرق قشور

الجوز.



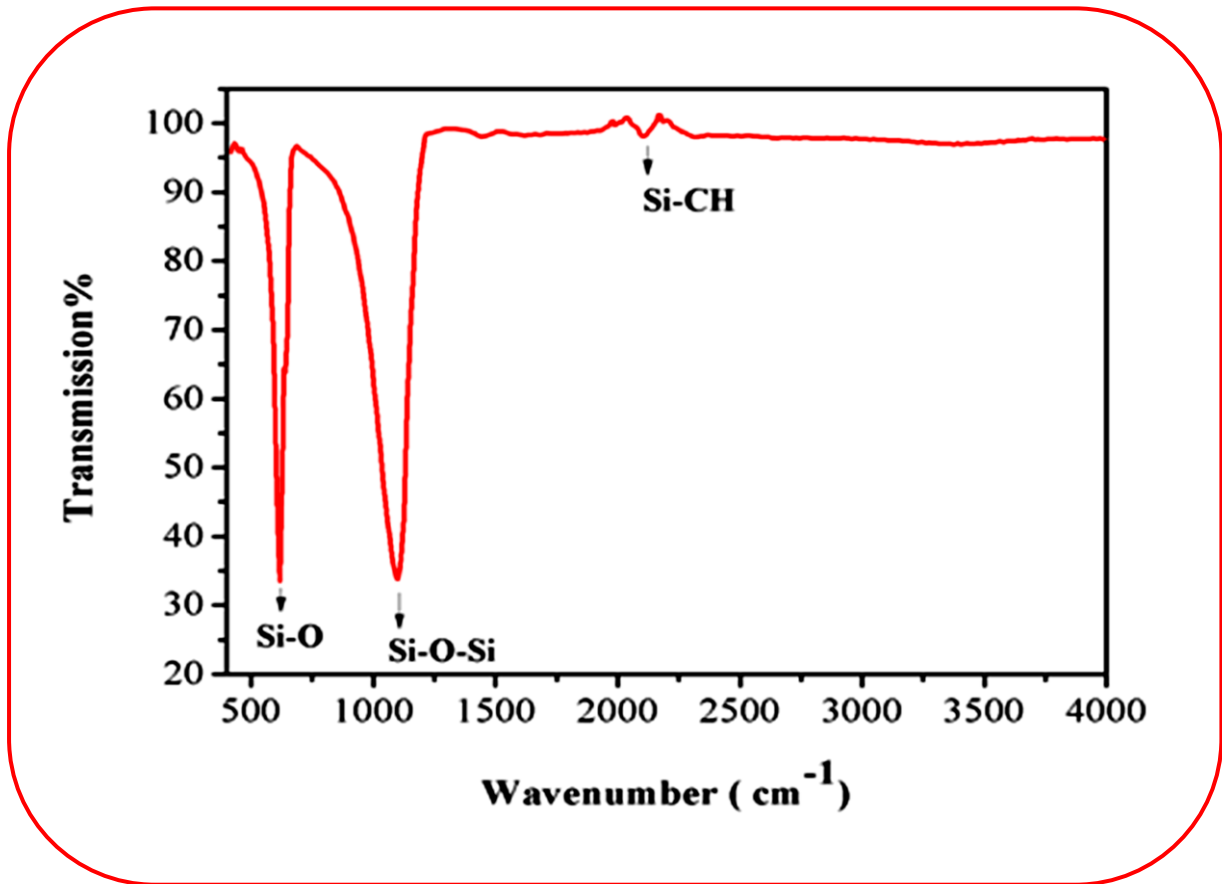
الشكل (4-V): طيف الإمتصاص للأشعة تحت الحمراء لقصور الجوز.

قبل عملية الحرق لاحظنا عدة إهتزازات حادة للروابط التالية: الألكان C-C و الأمين C-N و الأستر الأليفاتي C=O عند القيم  $1029.98 \text{ cm}^{-1}$ ،  $1230.95 \text{ cm}^{-1}$  و  $1743.1 \text{ cm}^{-1}$  على ترتيب، بينما مجموعة النتريل  $\text{C} \equiv \text{N}$  - فقد سجلت عند  $2358.97 \text{ cm}^{-1}$ ، أما رابطة الألسين  $\text{C} \equiv \text{C}$  فقد بلغت إهتزازان عند  $2028.34 \text{ cm}^{-1}$  و  $2158 \text{ cm}^{-1}$ ، في حين لوحظت قمم ضيقة و حادة نسبيا للرابطة الحمضية O-H عند  $1373.57 \text{ cm}^{-1}$  و للرابطة الكحولية OH عند  $1418.95 \text{ cm}^{-1}$ ، بالإضافة إلى الألكان C-H عند  $1457.85 \text{ cm}^{-1}$ ، أما بالنسبة لمجموعة amine II (N-H) ظهرت في حدود  $1503.23 - 1581.02 \text{ cm}^{-1}$ ، بالمقابل تميزت الوظيفة N-H amine I عند  $673.418 \text{ cm}^{-1}$  بقمة واسعة و ضعيفة مقارنة بمجموعتي C-H العطرية ومجموعة الهيدروكسيد OH التي سجلت في  $1976.48 \text{ cm}^{-1}$  و  $3389.75 \text{ cm}^{-1}$  على التوالي.

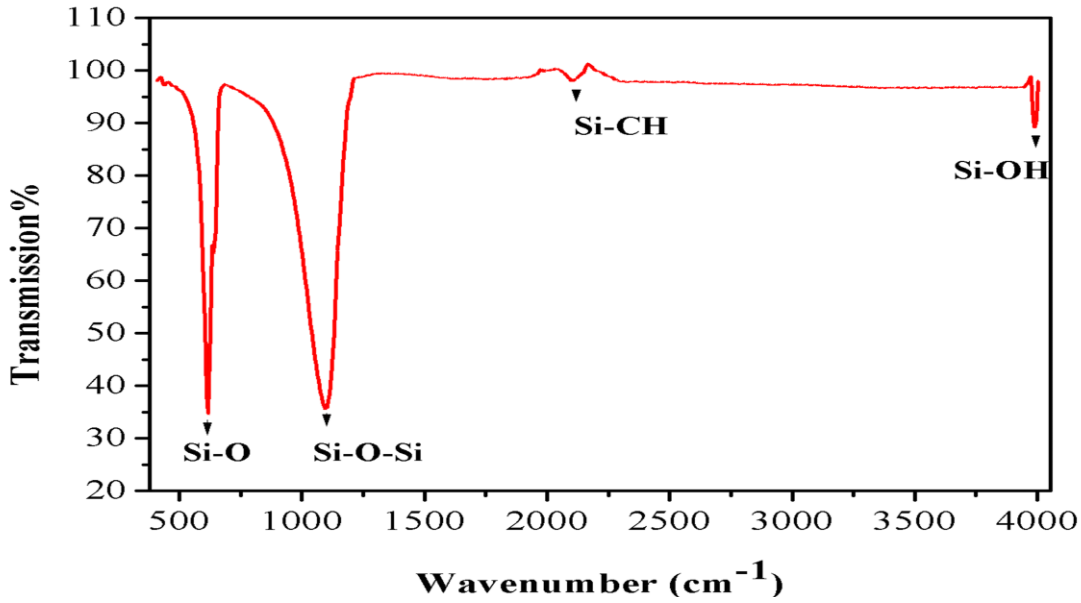
لكن بعد عملية الحرق لوحظت ذروة شديدة عند  $1408.79 \text{ cm}^{-1}$  للوظيفة الكحولية O-H أو  
 أما الرابطة العطرية C-H فقط تميزت باهتزازات متغيرة عند  $716.76 \text{ cm}^{-1}$  و  
 $876.95 \text{ cm}^{-1}$  و  $2023.93 \text{ cm}^{-1}$ .

بالإضافة إلى  $665.506 \text{ cm}^{-1}$  و  $1114.04 \text{ cm}^{-1}$  و  $1210.16 \text{ cm}^{-1}$  للمجموعات (N-H)  
 Amine I و C-O الحمضية و الألكان C-C على التوالي، في حين سجلت قمم عند  $2357.13 \text{ cm}^{-1}$ ،  
 $1729.18 \text{ cm}^{-1}$  و  $2158.49 \text{ cm}^{-1}$  لعناصر الألهيدية الأليفاتية C=O و الألسين  $\text{C} \equiv \text{C}$  و النتريل  
 $\text{C} \equiv \text{N}$  على الترتيب.

### 3.3.V. تحليل أطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR):



الشكل (5-V): مطيافية الأشعة تحت الحمراء للسيليكا المستخلصة من قشور الفول السوداني.



الشكل (6-V): مطيافية الأشعة تحت الحمراء للسيليكا المستخلصة من قشور الجوز.

تمت دراسة الخصائص الوظيفية و كذا المجموعات الكيميائية الرئيسية للعينتين (قشور الفول السوداني و الجوز) من خلال الأشعة تحت الحمراء (ATR-FTIR) في المجال ( $400-4500\text{cm}^{-1}$ ) كما هو موضح في الجدول (2-V).

ف عند  $800-445\text{cm}^{-1}$  تحصلنا على ذروة Si-O في حدود  $612\text{cm}^{-1}$ ؛<sup>[12]</sup> و ما بين  $1230-1050\text{cm}^{-1}$  على المجموعة (Siloxy) Si-O-Si في حدود  $1082\text{cm}^{-1}$  نظرا لتمدد وظيفي غير متماثل؛ أما عند  $3100-1850\text{cm}^{-1}$  لا توجد قمم قوية باستثناء ذروة صغيرة جدا من Si-CH في  $2113\text{cm}^{-1}$ ، مما يؤكد غياب المركبات العضوية بسبب عمليات الإحتراق و الإستخراج، في حين عند  $3475-3338\text{cm}^{-1}$  تحصلنا على مجموعة السيلانول Si-OH في حدود  $3992\text{cm}^{-1}$  في عينة الجوز فقط بسبب إمتصاص جزيئات الماء  $\text{H}_2\text{O}$  على سطح السيليكا<sup>[13, 14]</sup> وفق الشكلين (5-V)، (6-V).

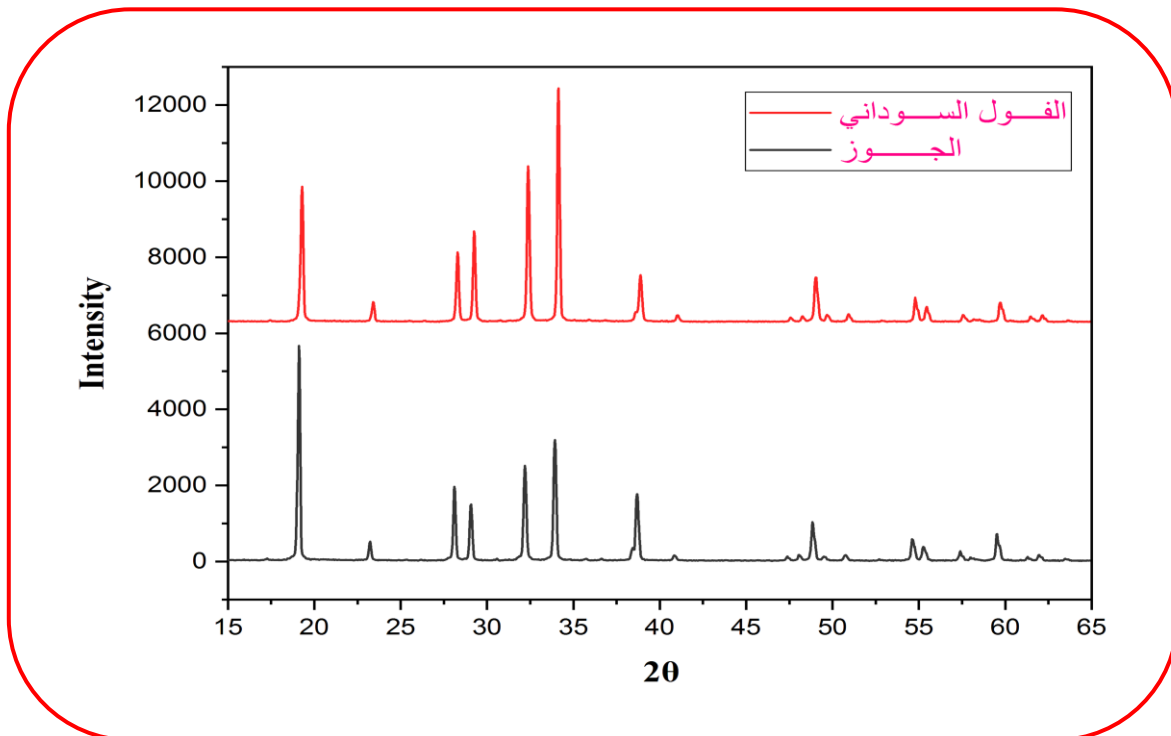
الجدول (2-V): دراسة الخصائص الجزيئية و المجموعات الكيميائية الرئيسية [15-19].

| طريقة الإهتزاز                        | العدد الموجي ( $\text{cm}^{-1}$ ) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Si-O-Si غير المتماثلة تمتد            | 1115-950                          |
| Si-O تمتد متماثلة                     | 620~647                           |
| Si-OH (Silanol group)                 | 3600-3750                         |
| الماء الممتص ( $\text{H}_2\text{O}$ ) | 3800 – 3200                       |
| Si-CH                                 | 2909-2357                         |

#### 4.3.V. توصيف بالأشعة السينية Rayon -X:

لتحليل  $\text{SiO}_2$  المستخلص من العينات أستخدمت حيود الأشعة السينية XRD لتحديد الخصائص

الهيكلية (البلورية أو غير البلورية) وفق الشكل (7-V).



الشكل (7-V): طيف الأشعة السينية (XRD) للسيليكا المستخلصة.

في حدود زاوية  $2\theta$  سجلت  $19.32^\circ$  و  $19.58^\circ$  بالإضافة إلى  $28.032^\circ$  و  $28.56^\circ$  دلالة على أن  $\text{SiO}_2$  (SiO<sub>2</sub> PDF Card #331161) المتشكلة غير متبلورة بشكل عام [22-20]، و متبلورة عند  $23.54^\circ$ ، كما لوحظ تموضع قمم الإنعراج الرئيسية جنباً إلى جنب عند  $29.35^\circ$  و  $32.51^\circ$  زيادة على  $34.10^\circ$  و  $38.85^\circ$  للجوز؛ و للفول السوداني عند  $32.51^\circ$  و  $34.36^\circ$  والتي يمكن أن تُعزى إلى حيود  $\text{SiC}$  (JCPDS73-2082) [23]؛ مع ذروة ضعيفة للكربون عند  $49^\circ \approx 2\theta$  لكنا العينتين و الذي قد يكون سبباً وراء بياضها [24]؛ زيادة على ذلك ظهرت بعض القمم الصغيرة الدالة على وجود آثار ضعيفة من الصوديوم (Na) [25].

من النتائج السابقة وباستخدام معادلة Bragg تحصلنا على السيليكا بمتوسط قطر يتراوح ما بين

9.44nm و 28.48 للجوز و الفول السوداني على الترتيب كما هو موضح في الجدولين (3-V)، (4-V).

**الجدول (3-V):** يوضح قطر السيليكا المستخرجة من الجوز بإستعمال معادلة Bragg.

| Phases           | hkl     | $2\theta$ (°) | Intensity (a.u) | FWHM (°) | d(hkl) | a(nm) | c(nm) | D(nm) | D Moy(nm) |
|------------------|---------|---------------|-----------------|----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| SiO <sub>2</sub> | hkl 100 | 19.09         | 5590.71         | 0.85     | 0.46   | 0.53  | -     | 9.37  | 9.44      |
|                  | hkl 002 | 23.23         | 482.82          | 0.85     | 0.38   | -     | 0.76  | 9.43  | -         |
|                  | hkl 101 | 28.164        | 1795.45         | 0.859    | 0.31   | -     | -     | 9.53  | -         |

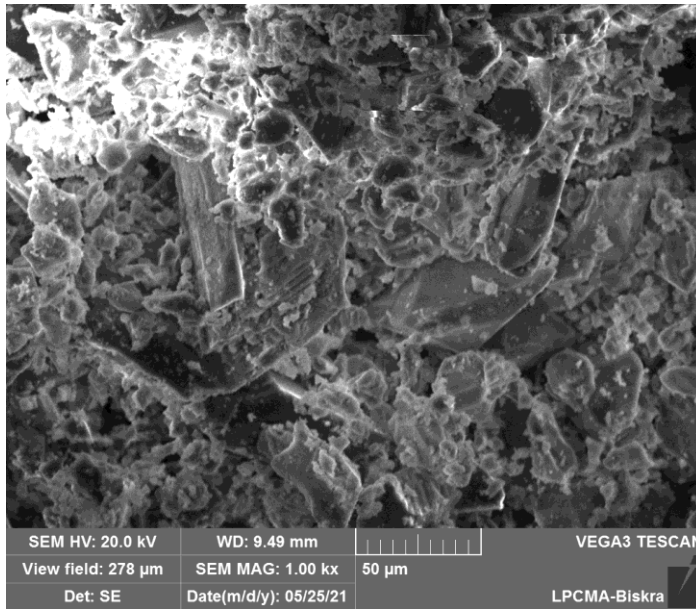
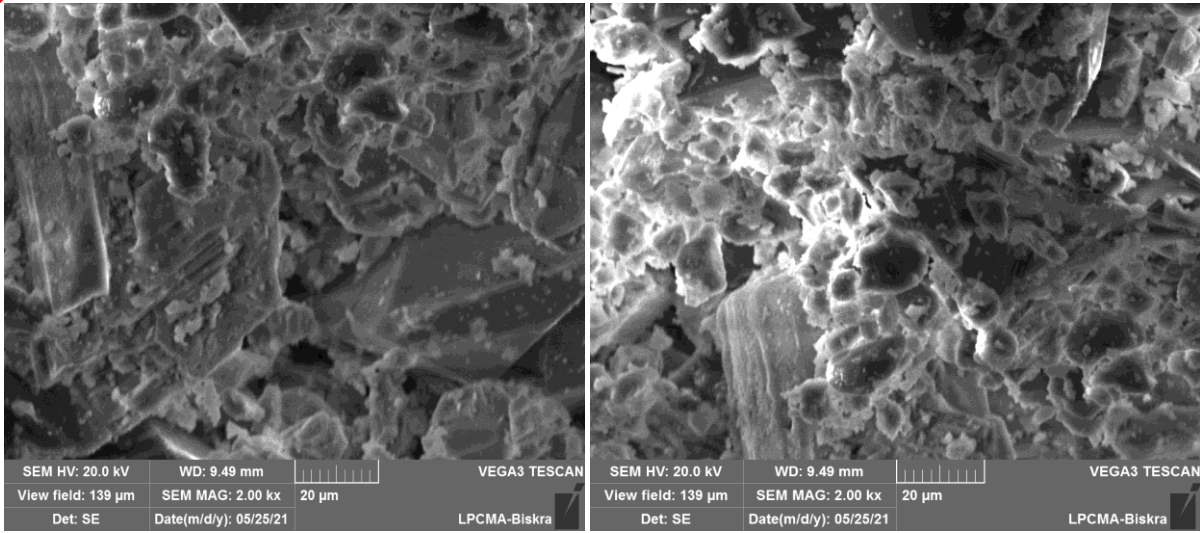
**الجدول (4-V):** يوضح قطر السيليكا المستخرجة من الفول السوداني بإستعمال معادلة Bragg.

| Phases           | hkl     | $2\theta$ (°) | Intensity (a.u) | FWHM (°) | d(hkl) | a(nm) | c(nm) | D(nm) | D Moy(nm) |
|------------------|---------|---------------|-----------------|----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| SiO <sub>2</sub> | hkl 100 | 19.26         | 1021.12         | 0.28     | 0.46   | 0.53  | -     | 28.26 | 28.48     |
|                  | hkl 002 | 23.44         | 155.25          | 0.28     | 0.37   | -     | 0.75  | 28.45 | -         |
|                  | hkl 101 | 28.28         | 540.74          | 0.28     | 0.31   | -     | -     | 28.73 | -         |

4.4.V. توصيف بواسطة مجهر المسح الإلكتروني:

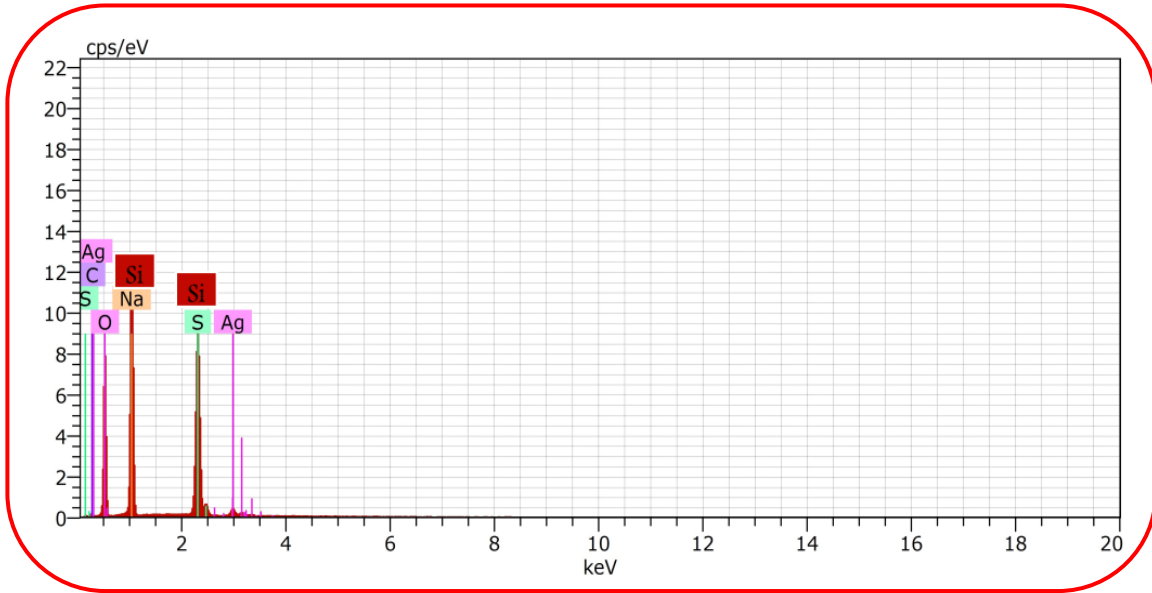
بالنسبة للجوز: يوضح الشكل (8-V) صورة مجهرية لجهاز المسح المجهر الإلكتروني

للسيليكا الناتجة من رماد قشرة الجوز رماد القشور الفول السوداني عند تكبير  $10000x-200000x$ .




الشكل (8-V): الصورة المجهرية للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الجوز.

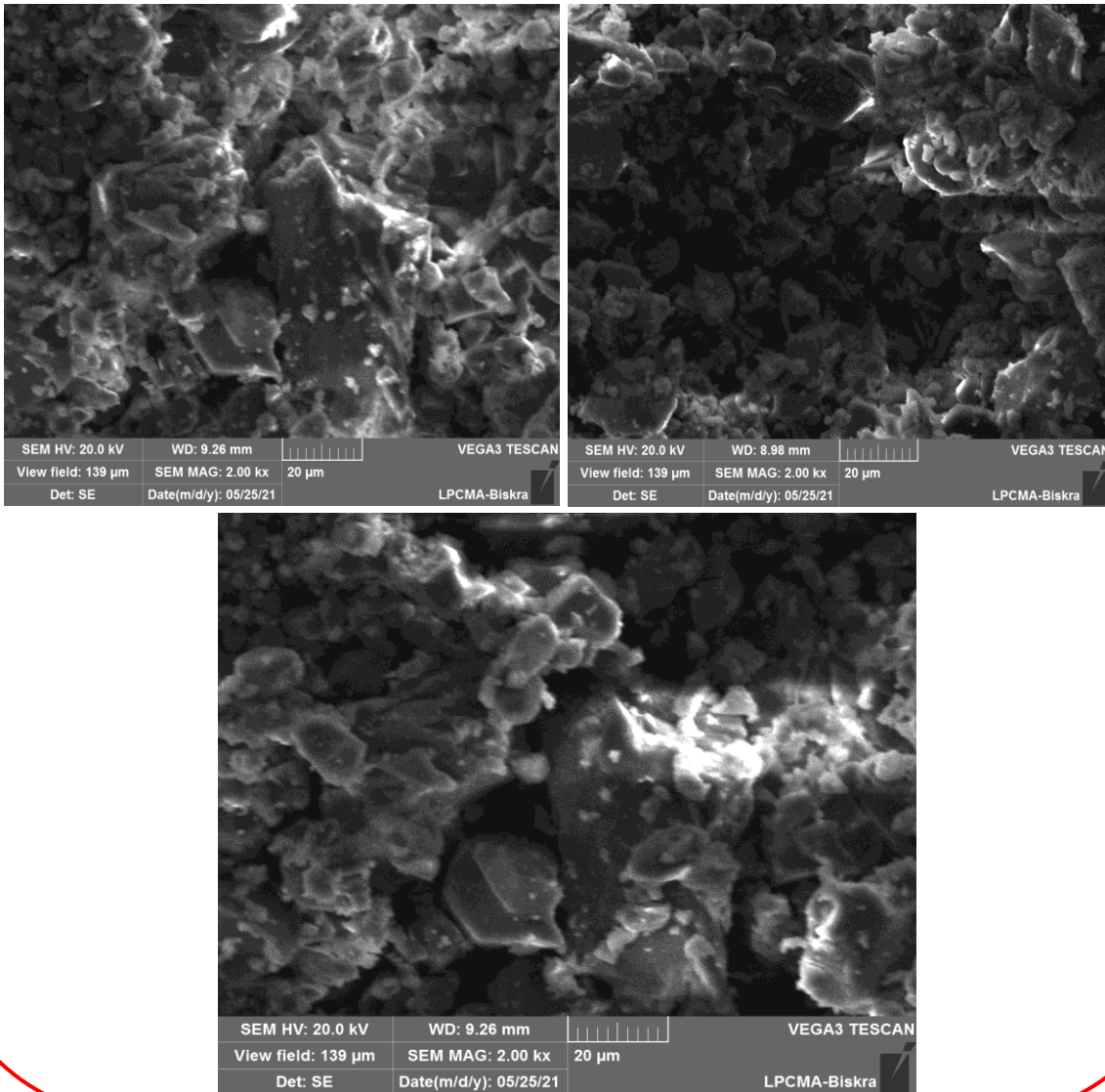
لوحظ أن الصورة المجهرية و أطياف EDX في الشكل (8-V و 9) تحتوي على تكتل من السيليكا بأشكال و جسيمات غير منتظمة، والتي تختلف في الأحجام وتنتشر على نطاق واسع، كما يُظهر طيف EDX شدة قوية لـ Si و O، مما يؤكد أن السيليكا ( $SiO_2$ ) هي العنصر السائد في العينة، زيادة على وجود عناصر أخرى مثل الصوديوم والكبريت وغيرها من الشوائب؛ كما تم الكشف عن طريق العديد من الدراسات العلمية السابقة أن السيليكا التي أستخرجت من المخلفات الزراعية لها بعض الشوائب، أما بالنسبة لظهور Ag و C يرجع ذلك لمتطلبات تحليل العينة بجهاز المسح الإلكتروني بحيث تم وضع العينة في رقاقة على شكل شريط من Ag و إحاطتها بقليل من الكربون [7, 22, 25, 26].



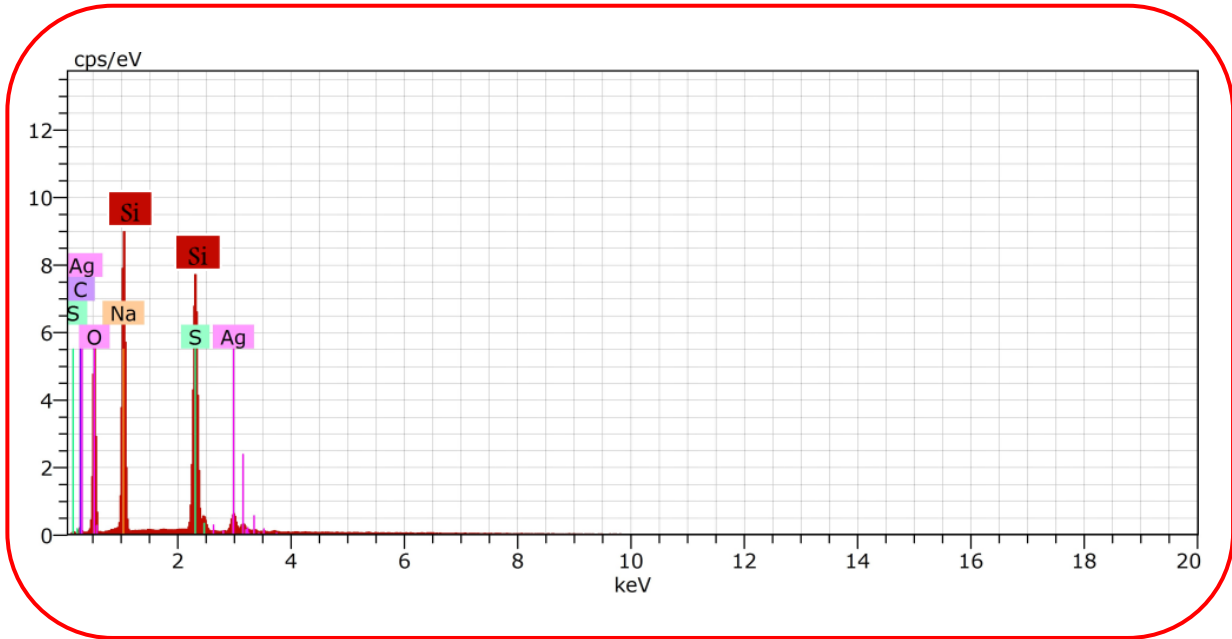
الشكل (9-V): يوضح أطياف EDX للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الجوز.

بالنسبة للقول السوداني: 

يُظهر الرسم المجهري كما في **الشكل (10-V)** أنه لا يمكن ملاحظة حبيبات السيليكا الفردية، وبدلاً من ذلك تجمعت السيليكا مكونة سطحاً غير منتظم و شبه متماسك، كما تؤكد الشدة القوية لـ Si و O كما هو موضح في أطياف EDX في **الشكل (11-V)**، أن السيليكا ( $\text{SiO}_2$ ) هي العنصر السائد في العينة مع وجود بعض الشوائب المهمة [26, 25, 22, 7, 2].



**الشكل (10-V):** الصورة المجهرية للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الفول السوداني.



الشكل (11-V): يوضح أطياف EDX للسيليكا الناتجة عن رماد قشور الفول السوداني.

## قائمة المراجع

## المراجع بالأجنبية:

- [1] V. Vaibhav, U. Vijayalakshmi, and S. M. Roopan, "Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles," *Spectrochimica acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy*, vol. 139, pp. 515-520, 2015.
- [2] U. Kalapathy, A. Proctor, and J. Shultz, "A simple method for production of pure silica from rice hull ash," *Bioresource technology*, vol. 73, pp. 257-262, 2000.
- [3] M. Tischkowitz, B. Xia, N. Sabbaghian, J. S. Reis-Filho, N. Hamel, G. Li, *et al.*, "Analysis of PALB2/FANCN-associated breast cancer families," vol. 104, pp. 6788-6793, 2007.
- [4] I. D. Terkula, R. Wuana, and M. Iorungwa, "Preparation and characterization of 'green' nano silica from rice husks," *Chem. Mater. Res*, vol. 9, p. 1, 2017.
- [5] M. F. Anuar, Y. W. Fen, M. H. M. Zaid, K. A. Matori, and R. E. M. Khaidir, "Synthesis and structural properties of coconut husk as potential silica source," *Results in Physics*, vol. 11, pp. 1-4, 2018.
- [6] M. F. Anuar, Y. W. Fen, M. H. M. Zaid, K. A. Matori, and R. E. M. Khaidir, "The Physical and Optical Studies of Crystalline Silica Derived from the Green Synthesis of Coconut Husk Ash," *Applied Sciences*, vol. 10, p. 2128, 2020.
- [7] P. E. Imoisili, K. O. Ukoba, and T.-C. Jen, "Synthesis and characterization of amorphous mesoporous silica from palm kernel shell ash," *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 59, pp. 159-164, 2020.
- [8] M. Yusuf, D. Suhendar, and E. P. Hadisantoso, "Studi karakteristik silika gel hasil sintesis dari abu ampas tebu dengan variasi konsentrasi asam klorida," *Jurnal istek*, vol. 8, 2014.
- [9] M. Bansal, U. Garg, D. Singh, and V. Garg, "Removal of Cr (VI) from aqueous solutions using pre-consumer processing agricultural waste: A case study of rice husk," *Journal of hazardous materials*, vol. 162, pp. 312-320, 2009.

- [10] M. Abid, N. K. Niazi, I. Bibi, A. Farooqi, Y. S. Ok, A. Kunhikrishnan, *et al.*, "Arsenic (V) biosorption by charred orange peel in aqueous environments," *International journal of phytoremediation*, vol. 18, pp. 442-449, 2016.
- [11] D .Mohan, A. Sarswat, Y. S. Ok, and C. U. Pittman Jr, "Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent—a critical review," *Bioresource technology*, vol. 160, pp. 191-202, 2014.
- [12] A. B. Bageru and V. C. Srivastava, "Biosilica preparation from abundantly available African biomass Teff (*Eragrostis tef*) straw ash by sol-gel method and its characterization," *Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 8, pp. 971-978, 2018.
- [13] U. Kalapathy, A. Proctor, and J. Shultz, "An improved method for production of silica from rice hull ash," *Bioresource technology*, vol. 85, pp. 285-289, 2002.
- [14] J. A. S. Costa and C. M. Paranhos, "Systematic evaluation of amorphous silica production from rice husk ashes ",*Journal of Cleaner Production*, vol. 192, pp. 688-697, 2018.
- [15] H. A. El-Batal, Z. S. El-Mandouh, H. A. Zayed, S. Y. Marzouk, G. M. El-Komy, and A. Hosny, "Optical and infrared properties of lithium diborate glasses doped with copper oxide: effect of gamma irradiation," 2012.
- [16] R. D. Husung and R. H. Doremus, "The infrared transmission spectra of four silicate glasses before and after exposure to water," *Journal of Materials Research*, vol. 5, pp. 2209-2217, 1990.
- [17] C. I. Merzbacher and W. B. White, "The structure of alkaline earth aluminosilicate glasses as determined by vibrational spectroscopy," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 130, pp. 18-34, 1991.
- [18] E. Kamitsos, A. Patsis, M. Karakassides, and G. D. Chryssikos, "Infrared reflectance spectra of lithium borate glasses," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 126, pp. 52-67, 1990.
- [19] S. Greenfield and M. Clift, *Analytical chemistry of the condensed phosphates* vol. 57: Elsevier, 2013.
- [20] S. Mor, C. K. Manchanda, S. K. Kansal, and K .Ravindra, "Nanosilica extraction from processed agricultural residue using green technology," *Journal of Cleaner Production*, vol. 143, pp. 1284-1290, 2017.

- [21] T.-H. Liou, "Preparation and characterization of nano-structured silica from rice husk," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 364, pp. 313-323, 2004.
- [22] P. E. Imoisili, K. O. Ukoba, and T.-C. Jen, "Green technology extraction and characterisation of silica nanoparticles from palm kernel shell ash via sol–gel," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, pp. 307-313, 2020.
- [23] P. Wang, Y. NuLi, J. Yang, and Y. Zheng, "Carbon-coated Si-Cu/graphite composite as anode material for lithium-ion batteries," *Int. J. Electrochem. Sci*, vol. 1, pp. 122-129, 2006.
- [24] G. M. Tolba, N. A .Barakat, A. Bastaweesy, E. Ashour, W. Abdelmoez, M. H. El-Newehy, *et al.*, "Effective and highly recyclable nanosilica produced from the rice husk for effective removal of organic dyes," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 29, pp. 134-145.2015 ,
- [25] J. G. Peerzada and R. Chidambaram, "A Statistical Approach for Biogenic Synthesis of Nano-Silica from Different Agro-Wastes," *Silicon*, pp. 1-13, 2020.
- [26] S. P. B. d. Lima, R. P. d. Vasconcelos, O. A. Paiva, G. C. Cordeiro, M. R. d. M. Chaves, R. D. Toledo Filho, *et al.*, "Production of silica gel from residual rice husk ash," *Química Nova*, vol. 34, pp. 71-75, 2011.

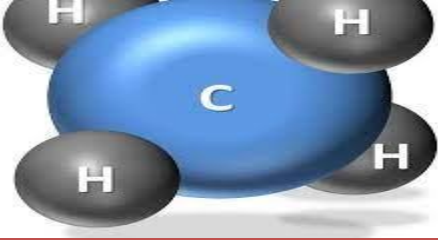
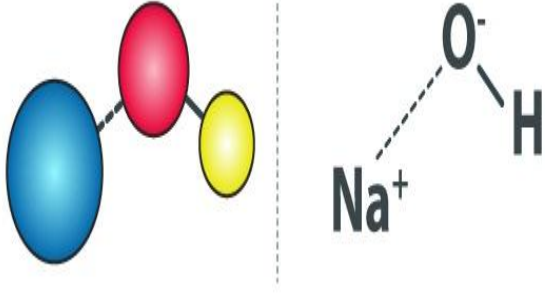
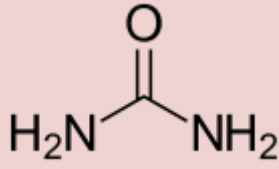
تعد المخلفات الزراعية موارد قابلة للتجديد على الرغم من قيمتها الغير تجارية لما تسببه من ملوثات بيئية، بالمقابل يعتبر رماها مصدرا إقتصاديا لتواجد السيليكا ( $\text{SiO}_2$ ) بوفرة، و التي تعد واحدة من أهم المواد الكيميائية المستخدمة على نطاق واسع في قطاعات التصنيع؛ فأشرنا في هذا البحث لإستخلاص السيليكا الحيوية من قشور الفول السوداني و الجوز، حيث تضمنت عملية الحصول على السيليكا أربعة مراحل: (المعالجة الحمضية - مرحلة الحرق - المعالجة القلوية - مرحلة ترسيب السيليكا).

حيث أشارت النتائج الأولية أن السيليكا المستخلصة من قشور الفول السوداني و الجوز ذات مردود عالي بنسبة 80% و 71% على التوالي، كما تم التأكد من النتائج بإستخدام ATR-FTIR فتحصلنا عن مجموعة Si-O-Si (*siloxo*) في حدود  $1082 \text{ cm}^{-1}$  لكنا العينتين؛ زيادة على ذلك تم الكشف عن الطبيعة الغير متبلورة بإستخدام جهاز Ray-X فلوخط ظهورها عند الإنعراج  $2\theta$  في حدود  $19.32^\circ$ - $28.56^\circ$ ، و عليه كان متوسط قطر السيليكا الحيوية الناتجة عن قشور الفول السوداني 28 nm و أما بالنسبة للسيليكا مستخرجة عن قشور الجوز كانت أقل قطرا 9 nm؛ كما لوحظ أن الصورة المجهرية و أطياف EDX تحتوي على تكتل من السيليكا بأشكال و جسيمات غير منتظمة، والتي تختلف في الأحجام وتنتشر على نطاق واسع، و عليه يظهر طيف EDX له شدة قوية ل Si و O مما يؤكد أن السيليكا  $\text{SiO}_2$  هو العنصر السائد.

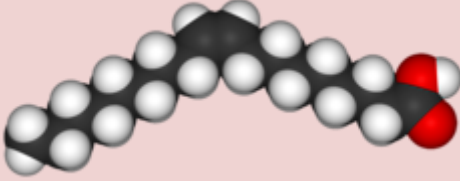
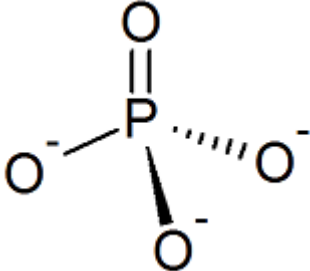
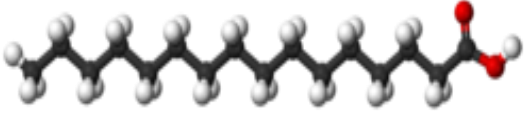
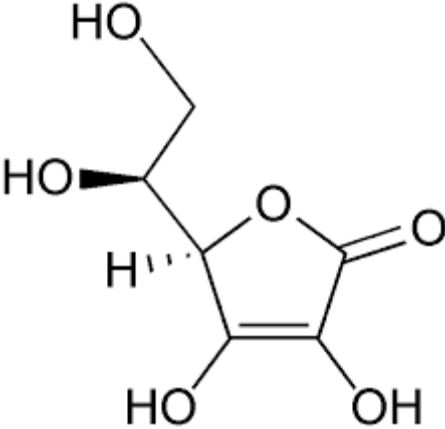
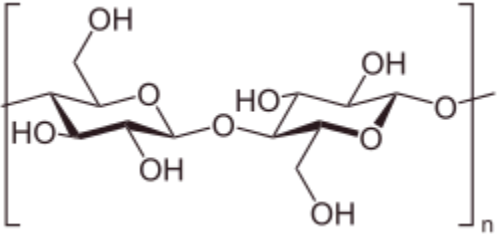
علاوة على ذلك تشير كل هذه النتائج أن المخلفات الزراعية تعد مادة خامة منخفضة التكلفة و واعدة للحصول على السيليكا الحيوية؛ كما نأمل في المستقبل دراسة بعض تطبيقاتها.

الملاحق

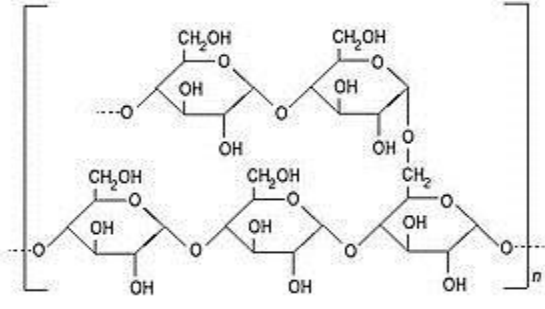
## الملحق الأول

| التسمية اللاتينية   | وصفه                    | الصيغة الكيميائية   | الإسم بالعربية     |
|---------------------|-------------------------|---|--------------------|
| Méthane             | غاز عديم اللون          |   | الميثان            |
| Hydroxyde de Sodium | غاز عديم اللون له رائحة |   | هيدروكسيد الصوديوم |
| Uréa                | مركب نيتروجينيّ         |  | اليوريا            |

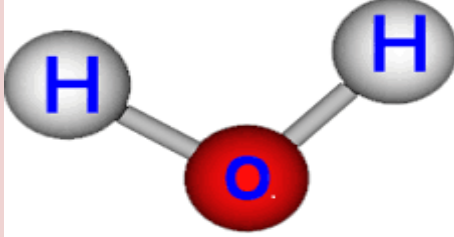
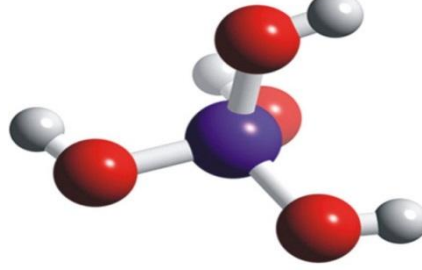
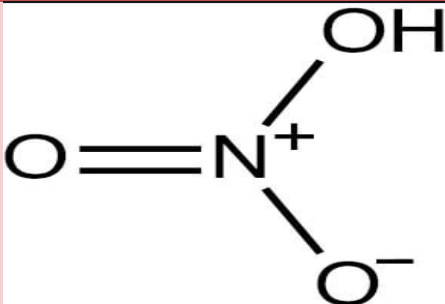
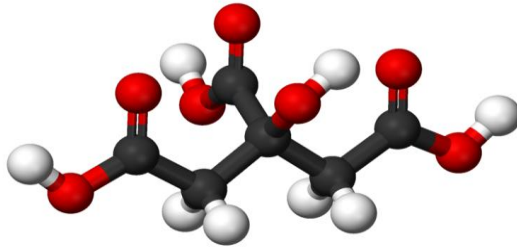
## الملحق الثاني

| التسمية اللاتينية | وصفه                       | الصيغة الكيميائية  | الإسم بالعربية |
|-------------------|----------------------------|--|----------------|
| Acide oléique     | حمض دهني أحادي غير مشبع    |    | حمض الأوليك    |
| Phosphate         | مركب لا عضوي               |    | الفوسفات       |
| Azote             | من اللافلزات               | N  | النيتروجين     |
| Acide palmitique  | أكثر الحموض الدسمة المشبعة |  | حمض البالميتيك |
| Acide ascorbique  | مركب عضوي                  |  | حمض الأسكوربيك |
| Cellulose         | عبارة عن معقدة كربوهيدرات  |  | السليولوز      |

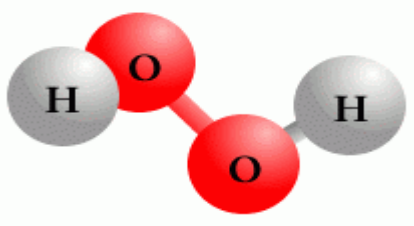
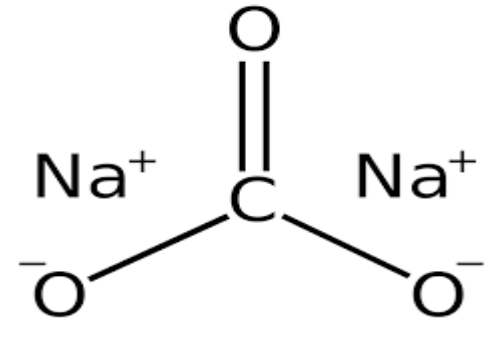
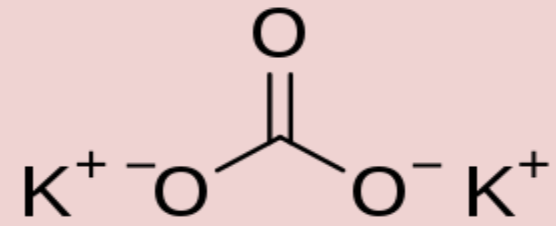
## الملحق الثاني

|        |                              |   |        |
|--------|------------------------------|---|--------|
| Amidon | مسحوق ناعم جدا<br>عديم اللون |  <p><math>(C_6H_{10}O_5)_n</math></p> | النشاء |
|--------|------------------------------|---|--------|

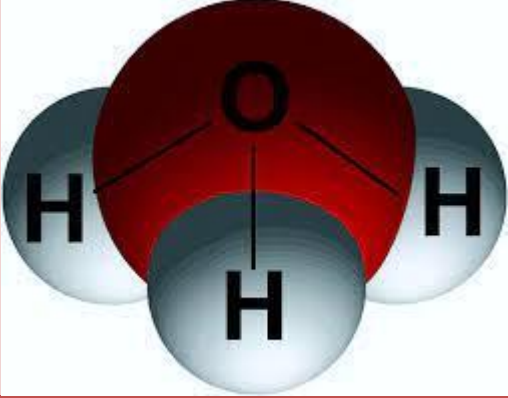
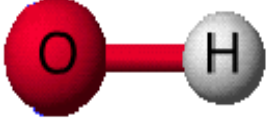
الملحق الثالث

| التسمية اللاتينية  | وصفه                             | الصيغة الكيميائية  | الإسم بالعربية      |
|--------------------|----------------------------------|--|---------------------|
| Eau                | مادة شفافة عديمة اللون و الرائحة |    | الماء               |
| acid silicique     | مركب كيميائي يعرف بالسيلانول     | <br>Si(OH) <sub>4</sub>                            | حمض السيليك         |
| Acid nitrique      | حمض معدني عديم اللون             | <br>HNO <sub>3</sub>                              | حمض النتريك         |
| Acid fluorhydrique | حمض ضعيف                         | HF   | حمض الهيدروفلوريك   |
| Hydroxyde ammonium | سائل شفاف اللون                  | NH <sub>4</sub> OH   | هيدروكسيد الأمونيوم |
| Acide citrique     | حمض عضوي ضعيف                    | <br>C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> | حمض الستريك         |

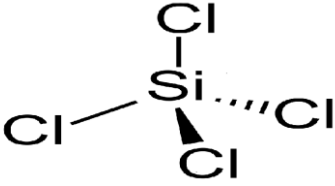
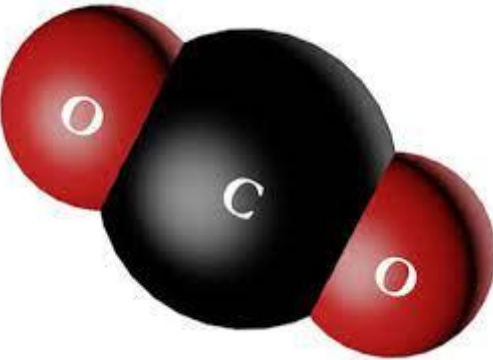
الملحق الثالث

|                        |   |   |                       |
|------------------------|---|---|-----------------------|
| Eau oxygéné            | سائل ذو لون أزرق<br>باهت أكثر لزوجة<br>من الماء | $\text{H}_2\text{O}_2$  | الماء<br>الأوكسجينى   |
| Oxyde de phosphore     | مادة صلبة عديمة<br>اللون                        | $\text{P}_4\text{O}_{10}$   | أكسيد الفوسفور        |
| Silicate de potassium  | مركب صلب بلوري<br>أبيض ذو بنية<br>بوليميرية     | $\text{K}_2\text{SiO}_3$  | سيليكات<br>البوتاسيوم |
| Carbonate de sodium    | مادة كيميائية<br>(بودرة) بيضاء اللون            |                        | كربونات<br>الصوديوم   |
| Carbonate de potassium | ملح صلب أبيض<br>اللون                           |                       | كربونات<br>البوتاسيوم |
| Sodium                 | فلز قلوي  | Na  | الصوديوم              |
| Magnesium              | فلز قلوي ترابي                                  | Mg  | المغنيزيوم            |
| Calcium                | فلز قلوي ترابي                                  | Ca  | الكالسيوم             |
| manganèse              | يتواجد في الطبيعة                               | Mn  | المنغنيز              |

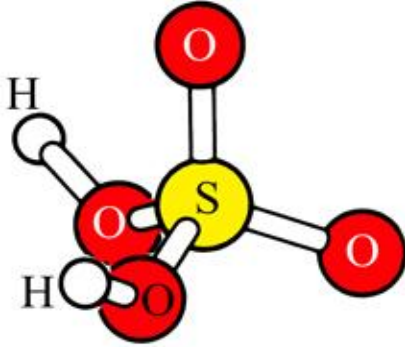
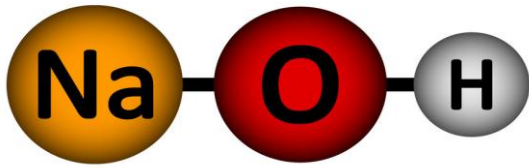
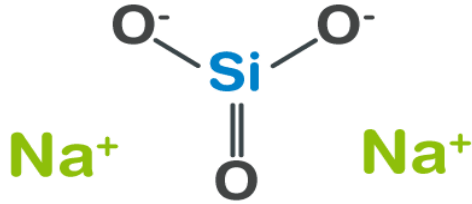
الملحق الثالث

|                        | بشكل حر                                       |  |                      |
|------------------------|---|--|----------------------|
| Aluminium              | فلز خفيف ذو لون أبيض فضي                      | Al   | الألمنيوم            |
| Fer                    | عنصر كيميائي و فلزي                           | Fe   | الحديد               |
| Zinc                   | من عناصر السلسلة الأولى في الفلزات الإنتقالية | Zn   | الزنك                |
| Ion hydronium          | كاتيون مائي ذو شحنة موجبة                     |   | أيون الهيدرونيوم     |
| Ion hydroxyle          | أيون سالب الشحنة                              |  | أيون الهيدروكسيل     |
| Silicium               | من أشباه الفلزات رباعي تكافؤ                  | Si   | السيليكون            |
| Oxygène                | يصنف ضمن اللافلزات                            | O  | الأوكسجين            |
| Hydroxyde de potassium | مركب كيميائي شديد القاعدية                    | KOH  | هيدروكسيد البوتاسيوم |

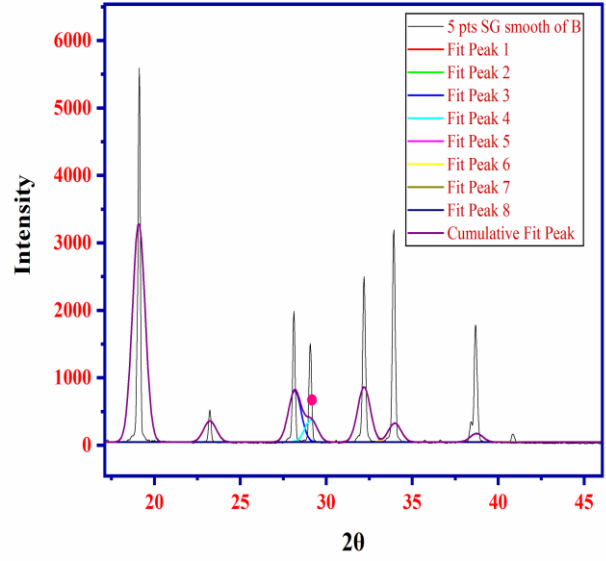
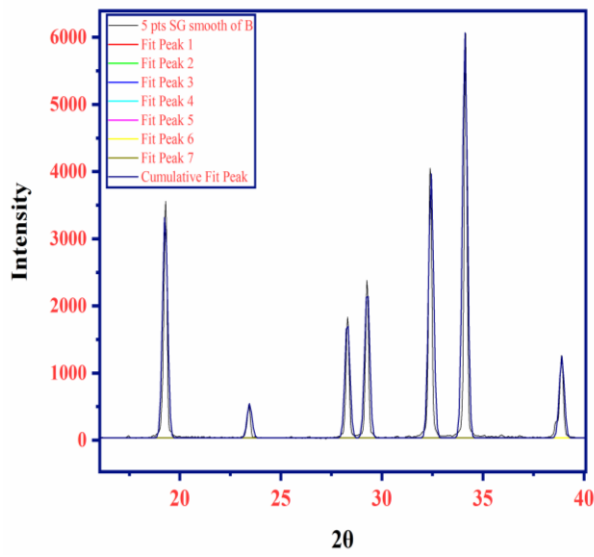
الملحق الثالث

|                         |  |   |                          |
|-------------------------|--|---|--------------------------|
| Tetrachlorosilane       | مادة سائلة عديمة اللون متبخرة ورائحتها كريهة |   | رابع كلوريد السيليكون    |
| Tetraethylorthosilicate | سائل عديم اللون                              | $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  | رباعي إيثيل أورثوسيليكات |
| Acide acétique          | عديم اللون                                   | $\text{CH}_3\text{COOH}$  | حمض الخليك               |
| Éthanol                 | مادة قابلة للاشتعال عديمة اللون              | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   | الإيثانول                |
| Dioxyde de carbone      | غاز عديم اللون والرائحة، و غير قابل للاشتعال |  | غاز ثاني أكسيد الكربون   |

الملحق الرابع

| التسمية اللاتينية   | وصفه                                 | الصيغة الكيميائية  | الإسم بالعربية     |
|---------------------|--------------------------------------|--|--------------------|
| Hydrochloric Acid   | حمض أحادي قوي<br>ثنائي الذرة         | HCl  | حمض كلور الماء     |
| Acide sulfurique    | حمض معدني قوي                        |                                        | حمض الكبريتيك      |
| Hydroxyde de sodium | قاعدة قوية                           |                                       | هيدروكسيد الصوديوم |
| Silicate de sodium  | عديم اللون يذوب بسهولة في وجود الماء | <br>Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | سيليكات الصوديوم   |
| Silica              | مادة حبيبية ذات بريق زجاجي           | SiO <sub>2</sub>   | السيليكا           |

## الملحق الخامس



$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta}$$

**D:** Crystallites size (nm)

**K:** 0.9 (Scherrer constant)

**λ:** 0.15406 nm (wavelength of the x-ray sources)

**β:** *FWHM* (radians)

**θ:** Peak position (radians)

$$d(hkl) = \frac{\lambda}{2 \sin(\text{Radians } (2\theta/2))}$$

$$a(\text{nm}) = \sqrt{\frac{4 \times (d(hkl))^2}{3}}$$

$$c(\text{nm}) = 2 \times d(hkl)$$

$$D \text{ Moy}(\text{nm}) = \frac{D}{3}$$

## ملخص

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو التثمين الأمثل للمخلفات الزراعية، حيث إقتصرننا في هذا البحث بالتحديد على قشور الفول السوداني *Arachis hypogea L.* و الجوز *Juglans regia L.* بغية الحصول على السيليكا الحيوية ( $\text{SiO}_2$ ). قمنا بإستخلاصها بدءًا بالمعالجة الحمضية وبعد التخلص من حمض الهيدروكلوريك تم حرقها للحصول على الرماد، كما أخضعنا هذا الأخير إلى المعالجة القلوية، لينتج عنها تشكل سيليكات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )، و قد تم الحصول عليها في شكل راسب أبيض بواسطة حمض الكبريت عند رقم الهدروجيني ( $\text{pH}=7$ )، ليصل مردودها من 70 إلى 80%. فمن خلال هذه النتائج إستخدمنا مطيافية الأشعة تحت الحمراء (ATR-FTIR) من أجل إثبات وجود روابط مميزة ومقارنتها في كل مرحلة للمادة الناتجة، بالإضافة إلى تحاليل الأشعة السينية (Ray-X) و المسح المجهر الإلكتروني (MEB) التي أظهرت وجود السيليكا الغير متبلورة، كما أكد EDX على وجود طيف Si و O الدال على وجود السيليكا. **الكلمات المفتاحية:** المخلفات الزراعية، الفول السوداني، الجوز، السيليكا، إستخلاص.

## Abstract

The main objective of this study is the optimal valuation of agricultural waste, as we limited this research specifically to peanut shells *Arachis hypogea L.* and walnuts *Juglans regia L.*, this is to obtain biosilica ( $\text{SiO}_2$ ).

So we extracted it starting with the acid treatment and after getting rid of the hydrochloric acid we burned it to obtain the ashes of both samples, and we also subjected the latter to alkaline treatment, resulting in the formation of sodium silicate ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), and the silica was precipitated by sulfuric acid at the pH ( $\text{pH} = 7$ ). , Then the silica begins to appear white, reaching its yield from 70 to 80%.

Through these results, we used infrared spectroscopy to demonstrate the presence of distinct bonds and compare them at each stage of the resulting material, in addition to X-ray analyses and electron microscopy that showed the presence of amorphous silica, also confirmed the EDX on the presence of Si and O on the presence of silica.

**Keywords:** Agricultural Waste, Peanuts, Walnuts, Silica, Extraction.