بحوث المؤتمر العلمي الأول لكلية العلوم

التلوث البيئي وتحديات الاستدامة البيئية

تحت شعار : التصالح مع البيئة

سرت 14 اكتوبر 2025م

تحرير

ا.د. عبدالسلام الصالحين محمد

ا.د. حسين مسعود ابومدينه

د. أشرف مصطفى ابوسنينة

د. فتحية عبدالجواد موسى

منشورات مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت

الطبعة الأولى 2025م

المؤتمر العلمي الأول لكلية العلوم – جامعة سرت

"التلوث البيئي وتحديات الاستدامة البيئية"

EPESC

14 أكتوبر 2025

الجزء الثاني: خاص بالورقات المقدمة باللغة العربية

الوكالة الليبية للرقم الدولي الموحد للكتاب (ISBN)
ISBN 978-9959-891-67-9

لجان المؤتمر

اللجنة العليا

أ.د. سليمان مفتاح الشاطر	رئيس الجامعة
أ.د. الطيب محمد القبي	وكيل الجامعة
د. أشرف مصطفى أبوسنينة	عميد الكلية

اللجنة العلمية

أ.د. عبد السلام الصالحين محمد	كلية العلوم / جامعة سرت	رئيساً
أ.د. احميد محمد يونس	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً
أ.د. رمضان عبدالمولى الهنداوي	كلية العلوم / جامعة عمر المختار	عضواً
أ.د. تهاني يونس عمر	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً
د. فتحية عبد الجواد موسى	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً

اللجنة التحضيرية

أ. زينب رجب الفيتوري	رئيساً
أ. علي محمد عمرناجي	عضواً
أ. علي عبد الرحيم الغزالي	عضواً
د. سعاد أحمد أبومريم	عضواً
عبد الحليم مفتاح الشاطر	عضواً
خالد جمعة امهلهل	عضواً
سفيان سالم الشعالي	عضواً
علي مصطفى مكادة	عضواً
يوسف الكرامي	عضواً

محرري كتيب المؤتمر:

أ.د. عبد السلام الصالحين محمد
ا.د. حسين مسعود ابومدينة
د. أشرف مصطفى أبوسنينة
د. فتحية عبد الجواد موسى

ايميل التواصل: epesc@su.edu.ly

موقع المؤتمر: https://su.edu.ly/research/index.php/conferences/science/sc1

مقدمة عن المؤتمر

يعد البحث العلمي من العوامل الأساسية التي تسهم في تقدم وتطور الحضارة الإنسانية، حيث لعبت البحوث العلمية منذ العصور القديمة دورًا محوريًا في توفير معارف هامة ساعدت الإنسان على فهم الظواهر الطبيعية والغامضة، مما دفعه لاكتشاف نظريات جديدة أو إثبات صحة بعضها أو دحضها. ومن الأهمية بمكان أن يدعم الباحث فرضياته بالأدلة والبراهين التي تتفق مع المبادئ الأساسية لمنهجية البحث العلمي.

وفي الوقت الذي يسهم فيه البحث العلمي في تقديم حلول للتحديات الكبرى التي تواجه البشرية، تأتي البيئة كمجال بالغ الأهمية يجب أن يحظى بالاهتمام. فالإنسان جزء لا يتجزأ من النظام البيئي الذي يحيط به، ويؤثر بشكل واضح على البيئة من خلال الأنشطة التي يمارسها. وقد شهدت البيئة تغيّرات كبيرة نتيجة تأثير الإنسان، وهو ما يفرض على الجميع ضرورة الوعي بعواقب هذه الأنشطة، خاصة السلبية منها التي تؤدي إلى خلل في المنظومة البيئية والنظام البيولوجي للكائنات الحية.

ومع تطور التكنولوجيا والصناعة، زادت قوة وتأثير الإنسان على البيئة، ليصبح التلوث البيئي، بما في ذلك زيادة الانبعاثات الجوية، تلوث المياه، وتلوث الأراضي، من أكبر التحديات التي تهدد كوكبنا. يشكل التلوث خطرًا كبيرًا على التنمية المستدامة، إذ يقوّض قدرة النظم البيئية على توفير الخدمات الأساسية ويؤدي إلى تدهور الموارد الطبيعية. وبالتالي، فإن معالجة التلوث البيئي أمر بالغ الأهمية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، مثل الحد من الفقر، ضمان الأمن الغذائي، وتعزيز النمو الاقتصادي، مع الحفاظ على صحة البيئة على المدى الطويل.

وفي إطار المساهمة في إرساء قواعد البحث العلمي في المؤسسات الأكاديمية الليبية، وتأكيدًا على أهمية البحث في قضايا البيئة، يقام المؤتمر الأول لكلية العلوم بجامعة سرت في 14 أكتوبر 2025. ويهدف المؤتمر إلى تسليط الضوء على المخاطر التي تهدد البيئة، واقتراح الحلول المناسبة للحفاظ على الموارد الطبيعية وضمان استدامتها، مع التشجيع على عرض الأبحاث العلمية المحلية.

أهداف المؤتمر

1. مواكبة التطور العلمي والتقني في مجال البيئة والتعرف على المهددات البيئية وحصر المشكلات التي تعاني منها البيئة المحيطة، وطرح الحلول الممكنة للحفاظ على البيئة وحمايتها.
2. توفير فرص اللقاء العلمي والبحثي وتبادل المعلومات والبيانات العلمية والفنية بين الباحثين والخبراء في التخصصات البيئية ومناقشة المستجدات العلمية في أبحاث العلوم البيئية.

3. تعزيز التعاون الفكري والمعرفي بين الباحثين والمختصين في جامعة سرت والجامعات والمراكز العلمية المحلية والدولية، وإبراز دور جامعة سرت في مجال البيئة.
4. التعرف على مخاطر التلوث البيئي والآثار البيئية الناجمة عن التلوث من المصادر المختلفة على صحة الإنسان والحد منها ومعالجة أسبابها.
5. معرفة الآثار السلبية والعواقب المترتبة على الملوثات الصناعية المختلفة وكيف تؤدي إلى التدهور البيئي، والتعرف على التقنيات الحديثة لمعالجتها.
6. تحسين إدارة الموارد الطبيعية والتخطيط البيئي لتحقيق التوازن بين الاستخدام البشري للموارد وحماية البيئة.
7. تشجيع التعليم والتدريب في المجالات البيئية ونشر الوعي البيئي بين أفراد المجتمع للمساعدة على فهم المشكلات البيئية وحماية البيئة من الأخطار التي تهددها.
8. خلق الوعي لدى صناع القرار بأهمية توفير التمويل والدعم للمشاريع والبرامج التي تهدف إلى حماية البيئة والحد من التلوث وتشجيع الابتكارات البيئية ودعم الأنشطة التي تساعد في الحفاظ على البيئة.

محاور المؤتمر

المحور الاول: التلوث البيئي وطرق المعالجة

المحور الثاني: التغيرات المناخية والكوارث الطبيعية وتأثيرها على البيئة

المحور الثالث: التنوع البيولوجي

المحور الرابع: التربية البيئية

المحور الخامس: الموارد الطبيعية

المحور السادس: الاقتصاد وعلاقته بالبيئة

المحور السابع: القانون والبيئة

المحتويات

1. الدور الإيكولوجي لنبات الخروع ***Ricinus communis*** L في التكيف مع تلوث التربة بالمعادن الثقيلة في البيئات الساحلية شبه القاحلة: دراسة حالة وادي السهل الغربي، شمال شرق ليبيا ..... Error! Bookmark not defined.

2. استخدام مخلفات البلاستيك الصناعي في تطوير مستشعر حساس ومرن للكشف عن الزلال (الألبومين) في الدم..... 229

3. مقارنة كهروكيميائية لإنتاج غاز الهيدروجين من مياه البحر مع مصادر مائية اخرى: دراسة حالة من محطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق - ليبيا. Error! Bookmark not defined.

4. الأمن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في منظومة أسلحة الدمار الشامل: دراسة في ضوء القانون الدولي العام..... Error! Bookmark not defined.

5. تقدير نسبة تلوث سمكة البوري ببعض الناصر الثقيلة **(Cd, Pb, Cu)** في حوض سرت Error! Bookmark not defined. .....

6. تأثير ملوحة المياه المختلفة على أداء النمو ومعدل البقاء وبعض الخصائص الكيميائية في اسماك البلطي كمورد اقتصادي في ليبيا ..... Error! Bookmark not defined.

7. دراسة الغطاء النباتي لحافة الجنوبية الجبل الاخضر- شرق ليبيا... Error! Bookmark not defined.

8. استخدام بعض المستخلصات النباتية كمبيدات صديقة للبيئة لمكافحة (سوس الدقيق) خنفساء الدقيق المشابهة ***Tribolium*** **(*Coleoptera: Tenebrionidae*)** **(duVal)** ***confusum***) Error! Bookmark not defined. .....

9. تأثير نبات عدس الماء ***Lemna minor*** على بعض الخواص الكيميائية في مياه الصرف الصحي في مدينة البيضاء ..... Error! Bookmark not defined.

10. التلوث الصناعي للمياه كتهديد للأمن المائي: مقاربة قانونية لحماية الموارد المائية Error! Bookmark not defined.

11. صناديق التعويضات كوسيلة من وسائل التعويض الحديث عن الضرر البيئي ..... Error! Bookmark not defined.

12. تأثير المياه السوداء على جودة إنتاج محطات التناضح العكسي في مدينة طبرق..... Error! Bookmark not defined.

13. تأثير اضافة مصدر كربون ومصدر نيتروجين على التركيب الكيميائي للبروتينات والدهون Error! Bookmark not defined. .....

14. انتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية نهج مستدام لتعزيز الطاقة النظيفة في مدينة طبرق Error! Bookmark not defined. .....

15. رصد المخاطر البيئية وآثارها على المواقع الأثرية في مدينة لبدة الكبرى شمال غرب ليبيا Error! Bookmark not defined. .....

16. أوجه حماية البيئة وأحكام المسئولية عن التلوث البيئي وفقا لأحكام القانون الليبي .. Error! Bookmark not defined.

17. البيئة والأمن في العلاقات الدولية "دراسة تحليلية مقارنة ليبيا – اليابان" ..... Error! Bookmark not defined.

18. تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف وإمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة ..... Error! Bookmark not defined.

19. دراسة الخواص الفيزيائية لمياه الشرب بحي المجاهد / هون – الجفرة ... Error! Bookmark not defined.

20. تقييم كفاءة أداء محطات معالجة مياه الصرف الصناعي في رأس لانوف .... Error! Bookmark not defined.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct. 14, 2025

استخدام مخلفات البلاستيك الصناعي في تطوير مستشعر حساس ومرن للكشف عن الزلال (الألبومين) في الدم

إبراهيم أحمد ضو السائح[1]، عبد السلام الصالحين محمد[1*]، عادل محمد مليطان[2]
[1]قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة سرت، ليبيا
[2]قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة مصراته، ليبيا
Corresponding Author Email: salam_salhin@su.edu.ly

Article History:
Received: 21 March 2025
Revised: 26 May 2025
Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:
الألبومين؛BCG ؛ خلات السليلوز؛ المستشعرات؛ مصل الدم.

ملخص البحث: تم تطوير مستشعر بصري فعال قليل التكلفة لتحديد مستويات الألبومين في عينات الدم. يستخدم هذا المستشعر كاشف بروموكريسول الأخضر (BCG) الذي تم تثبيته على غشاء ثلاثي من خلات السليلوز (TAC)، اعتمدت القياسات التحليلية في هذه الدراسة على تكوين معقد بين الألبومين وكاشف BCG المثبت على الغشاء، تم التحقق من ارتباط الكاشف على غشاء TAC بدقة باستخدام التحليل الطيفي للأشعة المرئية-فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء، بالإضافة إلى ذلك تم تحديد العوامل المختلفة التي تساهم في تعزيز حساسية المستشعر، وتشمل هذه العوامل درجة الحموضة، وزمن الاتصال، وتركيز الكاشف. أظهرت النتائج تغيرا ملحوظا في لون المستشعر عند غمره في محلول الالبومين، حيث يتغير لونه من الأزرق (655 نانومتر) الى الأصفر (392 نانومتر). تم تحديد حساسية المستشعر وكانت ضمن نطاق تركيز يتراوح بين 0.29 -5.7 ميكروغرام/مل من الألبومين، وكذلك تحديد حدي الكشف والقياس الكمي لتكون على التوالي 1.22 ميكروغرام/مل و3.70 ميكروغرام/مل، عند طول الموجي 392 نانومتر، ووقت استجابة يتراوح من 1 إلى 15 دقيقة، وانحراف معياري نسبي لتسعة عشر قياسات متكررة للألبومين مساويا 10.9%، وحساب حساسية/مؤشر ساندیل كان مساويا 0.0123 ملجم/مل. تم اختبار قدرة المستشعر البصري في الكشف عن الألبومين في عينات حقيقة من الدم الحقيقية وكانت النتائج جيدة ومرضية للغاية ومتوافقة مع النتائج المتحصل من مختبرات اخرى.

1. المقدمة

البروتينات هي جزيئات كبيرة موجودة في الكائنات الحية، وتعتبر المكون الأساس في خلايا جسم الانسان، تتكون الهياكل البنائية للبروتينات ;كما أشار اليه (Branden, & Tooze, 2012) من سلاسل طويلة من الاحماض الأمينية، يتم ترتيبها بأشكال مختلفة لتشكيل البروتينات. تتميز البروتينات بشكلها ثلاثي الابعاد الذي له دور مهم في تأدية بعض الوظائف،

وتؤدي البروتينات وظائف مهمة للغاية في جسم الإنسان مثل النقل والتحكم والأيض والتحفيز والتحول الكيميائي والهيكلية وغيرها من الوظائف الأخرى. تتأثر البروتينات بالظروف المحيطة مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وتركيز الاملاح، وهذا يؤثر على وظائفها. ويعتبر الالبومين او الزلال من اهم البروتينات الموجودة في الدم، حيث يقوم البومين المصل البشري (Human Serum Albumin, HSA) بمجموعة واسعة من الوظائف في الجسم، بما في ذلك نقل الأيونات المعدنية والأحماض الدهنية والهرمونات حسب ما اشارت اليه كل من ((Branden, C. I.,et al., 2012 و(Kumar, D., etal., 2017) و(Nicholson, et al., 2000).

تتمثل الوظيفة الأساسية للألبومين في الحفاظ على حجم الدم وضغطه، وهذا يساعد على منع الدم من التسرب من الأوعية الدموية، والحفاظ على توازن درجة الحموضة في الدم، ويعد الرقم الهيدروجيني للدم أمراً بالغ الأهمية للعديد من العمليات الجسدية، فإذا أصبح الدم حمضيًا جدًا أو قلويًا فقد يتسبب في مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية. ويشارك الألبومين أيضًا في جهاز المناعة فهو المسؤول عن نقل الأجسام المضادة والخلايا المناعية الأخرى عبر مجرى الدم لمحاربة العدوى، بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يعمل الألبومين كمضاد للأكسدة، مما يساعد على حماية الخلايا من الأكسدة التي تسببها الجذور الحرة. يتم تصنيع الالبومين فقط في الكبد بمعدل يصل من 12-25 جرامًا يوميًا، ويبلغ تركيزه في الدم تقريباً 35-50 جم / لتر، وفي البول أقل من 30 ملجم / لتر، وتبلغ فترة نصف العمر الالبومين في المصل 20 يوم تقريباً حسب ما اشارت اليه الدراسات التالية (Kumar, D., & Banerjee, D. 2017) و(Dos S., R., et al., 2019).

لقد تم استخدام العديد من الطرق في الكشف عن الالبومين وتقدير نسبته في الدم، تنقسم هذه الطرق الى أربع طرق رئيسية، منها طريقة تجزئة الملح (Salt fractionation method) التي اتبعها كل من (Hill, P. G.1985) و(Saifer, A., et al., 1955)، وطريقة الارتباط بالأصباغ (Dye-binding method) التي أشار اليها كل من (Hill, P. G.1985) و(Rodkey, F. L. 1965)، وتعد حاليا من أكثر الطرق المستخدمة على نطاق واسع لقياس الالبومين بسبب إمكانية تطبيقها باستخدام مختلف الطرق التحليلية المعروفة، وطريقة الترحيل الكهربي (Electrophoresis method)، والطريقة المناعية (Immunochemical method) التي أشار اليها كل من (Xu, J. F., et al., 2022)و (Hill, P. G.1985)، والطريقة الحديثة المتبعة في المختبرات (Albumin Test Kit) التي تستخدم للكشف عن الالبومين كما أشار اليها كل من (Labcare,) و(Truechemie) و(ATLAS MEDICAL,).

وتعتبر الطريقة الحديثة من أحد أهم الطرق اللونية المستخدمة لتقدير الالبومين، حيث تعتمد كليا على ارتباط الصبغة مع الالبومين وتكوين معقد ينتج عنه التغير في اللون، وهي من أكثر الطرق المتبعة للكشف عن الالبومين في المختبرات الطبية حيث تتم المقارنة بين العينة المراد الكشف عنها والعينة القياسية، ونظرا للتطور التكنولوجي أصبحت الطرق الالية التي تعتمد على الاجهزة في المقارنة بين العينة ومحلول القياسي المرجعي هي الأكثر تطبيقا في المختبرات في الوقت الحاضر، وعلى مدى العقود الماضية نالت طريقة الارتباط بالأصباغ اهتماما كبيرا، حيث تم تقدير الالبومين باستخدام العديد من الاصباغ مثل صبغة البروموكريسول الأخضر (BCG) التي أشار اليها كل من (Doumas, B. T., et al., 1997) و (Doumas, B. T., et al., 1971)، وصبغة الميثيل البرتقالي (MO) التي أشار اليها كل من (Ito, S., et al., 2015) و (Crowley, L. V. 1964)، وصبغة (HABA) التي أشار اليها (Miyada, D. S., et al., 1972)، وصبغة (BCP) وصبغة (TBPB) التي أشار اليه كل من (Pinnell, A. E., et al.,1978) و(Ito, S., & Yamamoto, D.2010) و(Pugia, M. J., et al., 1999). ومن الملاحظ أن صبغة BCG قد نالت الكثير من الاهتمام في الكشف عن الالبومين في هذا المجال حسب

ما اشارت البه الدارسات التالية (Samir, K. et al., 2011) و (Onu, C. E., et al., 2022) و (Onu, C. E., et al., 2023)، وهي صبغة أيونية من عائلة ثلاثي فينيل ميثان تستخدم عادة لمراقبة تغيرات الاس الهيدروجيني في التفاعلات البيولوجية والكيميائية، كالكشف عن الالبومين.

تم في العقود الماضية استخدام العديد من أجهزة الاستشعار كأجهزة المراقبة والقياسات، تشتمل هذه المستشعرات على مقاييس الألوان، والأجهزة الكيميائية، ومقاييس الكثافة، وأجهزة الاستشعار الحيوية كالملاحة، وأجهزة استشعار الإنذار، والعديد من الأنواع الأخرى من أجهزة الاستشعار التي تستخدم مبادئ استشعار مختلفة حسب ما أشار اليه كل من (Giancarla, A. et al., 2020) و (Samir, K, et al., 2020)، أو قد تكون مصممة للعمل ضمن نطاقات مختلفة. من بين هذه المستشعرات تطورت المستشعرات الضوئية بشكل سريع في مجال الكيمياء التحليلية والسريرية، لأنها توفر مزايا الإعداد البسيط والانتقائية والحساسية المعقولة، فهي لا تتطلب استخدام أجهزة مرجعية منفصلة أو وقت تهيئة مسبق كما هو الحال بالنسبة للأقطاب الكهربائية الانتقائية الأيونية، ولكنها تحتاج فقط إلى أدوات بسيطة مثل مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية وهذه بعض الكتب (Kretschmar & Welsby 2005) و(Fraden, 2015) و(Hariharan, 2003) و(López-Higuera,1998) التي تناولت المستشعرات الضوئية وذكرت اهم استخداماتها.

المستشعر البصري حسب ما أشار اليه كل من (Hariharan, 2003) و(Grattan et al., 1999) هو نظام استشعار او جهاز استشعار يتكون من محول الإشارة و قناة اتصال ونظام اكتشاف او معالجة الإشارة، ويتم معاملة إشارة الادخال وتعديل في بعض خصائص الضوء (الانتقال، والانعكاس، والتشتت، والامتصاص، وغيرها) داخل النظام البصري، ويتم بعدها الكشف والمعالجة، ومن اهم مميزات المستشعر البصري هي قدرته على قياس التغيرات التي تحدث للشعاع الضوئي نتيجة تعرضه للمادة، وتتمتع أجهزة الاستشعار البصرية بمجموعة متنوعة من الاستخدامات التي ذكرها كل من (Grattan et al., 1999) و(Haus, 2010)، مثل مراقبة الجودة والعمليات، وإجراءات التشخيص الطبي، والقياس، والتصوير، وما إلى ذلك. تهدف هذه الدراسة الى استخدام مخلفات أفلام التصوير الفوتوغرافي في استحداث طريقة قياس سهلة ومباشرة للكشف عن الالبومين في مصل الدم ومقارنتها بالطرق المتبعة في المختبرات.

المواد وطرق العمل

الأجهزة المستخدمة:

تم في هذه الدراسة استخدام جهاز مقياس الاشعة المرئية والفوق البنفسجية (Analytic Jena Aspect UV 210 PLUS)، وجهاز مقياس الاشعة تحت الحمراء (PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2)، وجهاز تحليل الالبومين (Mindray BS-24Pro)، وجهاز طرد مركزي (MD C12).

المواد الكيميائية المستعملة.

المواد الكيميائية التي تم استخدامها في هذه الدراسة كانت بدرجة عالية من النقاوة وتم استخدامها دون اجراء اية عمليات عليها. تم تحضير المحاليل الكيميائية القياسية كل محلول حسب تركيزه المستخدم في التجربة، وحسب الطرق المعملية المتبعة في المعامل الكيميائية.

المحلول القياسي (1×10^{-4} M) للكاشف بروموكريسول الأخضر (BCG)

تم تحضير المحلول القياسي للكاشف (BCG) تركيزه (1×10^{-4} M) وذلك بإذابة 0.0105 جم من الكاشف في 150 مل من إيثلين ثنائي الأمين، ومن هذا المحلول القياسي يتم تحضير محاليل القياسية المخففة.

المحلول القياسي للألبومين.

تم استخدام محلول الالبومين البشري (Human Albumin) (25%) المتوفر في الصيدليات التجارية بمدينة سرت (Octapharma, USA)، تم اعتبار هذا التركيز هو المحلول القياسي، ومنه يتم تحضير تراكيز قياسية مختلفة من الالبومين.

تحضير المستشعر

تم تحضير المستشعر عن طريق تحميل كاشف الـ BCG على غشاء (TCA) المأخوذ من نفايات شرائط أفلام التصوير الفوتوغرافي [FUJICOLOR] وذلك باتباع الخطوات التالية: -

- **تحضير الغشاء (إزالة الطبقة الجيلاتينية)**

يغسل شريط التصوير بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم لإزالة الطبقات الجيلاتينية الملونة والحصول على غشاء شفاف من (TAC). يعامل الغشاء بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1M) لمدة 24 ساعة لإزالة مجموعة الاستيل ولإتاحة مساحة أكبر لارتباط صبغة BCG على الغشاء

- **صبغ الغشاء بصبغه BCG**

يتم تحضير محول الصبغة (6×10^{-5} M) عن طريق تخفيف الكمية المناسبة من المحلول القياسي للصبغة في 100 مل من ايثلين ثنائي الأمين. يتم وضع الغشاء الشفاف في محلول الصبغة لمدة دقيقتين لصبغه بالكاشف. تم يغسل الغشاء بعد عملية الصبغ بالماء المقطر لإزالة الصبغة الزائدة والحصول على المستشعر. يتم حفظ المستشعر في الماء المقطر حتى الاستخدام وهي نفس الطريقة التي اتبعها كل من (Tavallali et al., 2011) و(Chamjangali et al., 2009) و(Safavi & Bagheri, 2007) في تحضير الغشاء وصبغ الغشاء.

استخدام المستشعر في الكشف عن الالبومين تحث الظروف القياسية

يتم تجهيز الأدوات بعد غسلها وتعقيمها للكشف عن عينات الالبومين التي تم تحضيرها. توضع عينة الالبومين (10 مل) في كاس سعة 100 مل، ثم يضاف اليها 25 مل من المحول المنظم (pH 7). يغمر المستشعر في محلول العينة لمدة 15 دقيقة، ثم يرفع ويوضع في جهاز الطيف لإتمام عملية القياس. عملية القياس عند الطول الموجي (392 nm). يتم بعدها حساب تركيز الالبومين في العينة باستخدام معادلة الخط المستقيم.

مبدأ العمل والخصائص الطيفية للمستشعر

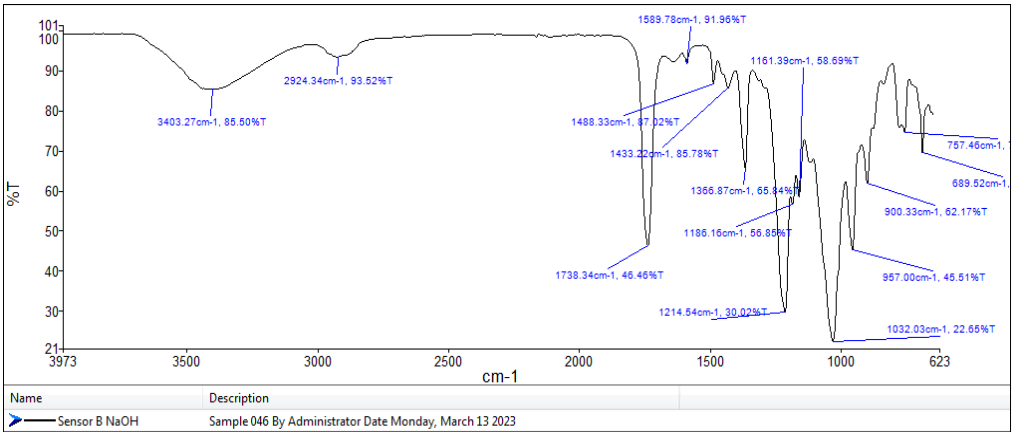
يعمل المستشعر على أساس التفاعل بين ألبومين مصل الانسان مع صبغة بروموكريسول الأخضر (BCG) المثبتة على غشاء (TAC) بواسطة مادة رابطة هي الايثلين ثنائي الأمين، ووفقا للتفاعل بين الالبومين والكاشف (BCG) يتكون معقد يتغير على أثرها لون المستشعر من اللون الأزرق الي اللون الأصفر، حيث يتم بعدها قياس التغير في اللون بواسطة جهاز UV-vis بين

(392 nm و655 nm). ومن اجل الحصول على أفضل حساسية للمستشعر، فقد تمت دراسة التأثيرات المختلفة من أجل الحصول على الظروف المثلى للعمل واستخدام المستشعر.

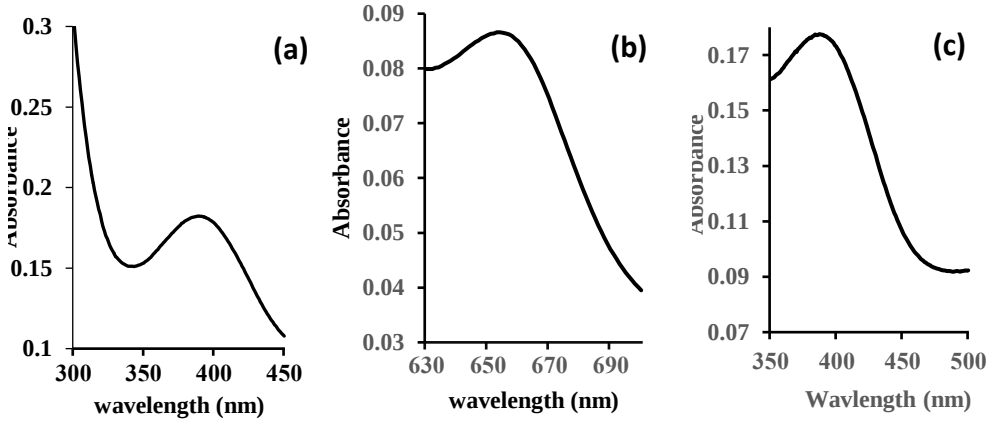
النتائج والمناقشة

تحضير المستشعر: لقد تم تحضير المستشعر في خطوتين أساسيتين: الخطوة الاولي هي تهيئة الغشاء واعداده للصبغ، والخطوة الثانية هي صبغ الغشاء وتهيئته للكشف عن الالبومين.

تهيئة الغشاء: بعد الانتهاء من تنظيف اشرطة التصوير الفوتوغرافي والحصول على غشاء (TAC) في صورة شفافة وتهيئته للصبغ بالكاشف (BCG) تم الكشف على الغشاء الشفاف قبل الصبغ بواسطة الاشعة تحت الحمراء للتعرف على اهم المجموعات الوظيفية المتواجدة على الغشاء. ويبين الشكل (1) طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء الشفاف بعد المعالجة، حيث تعزي القمم المميزة والواسعة (broad) بالقرب من 3483 cm^{-1} الي اهتزاز مصدره مجموعة (OH) لغشاء الاسيتات، كما تظهر قمة امتصاص عند العدد الموجي 1738 cm^{-1} وذلك راجع لمجموعة الكربونيل (CO) بمجموعة الخلات. وتم أيضا قياس شفافية الغشاء في المجال المرئي -الفوق بنفسجي، حيث اعطي الغشاء الشفاف امتصاصية قريبة من المجال المرئي، وعند طول موجي (λ_{max}) عند (389 nm) كم هو مبين بالشكل (2).



الشكل (1): طيف الاشعة تحت الحمراء (IR) للغشاء الشفاف (TCA)

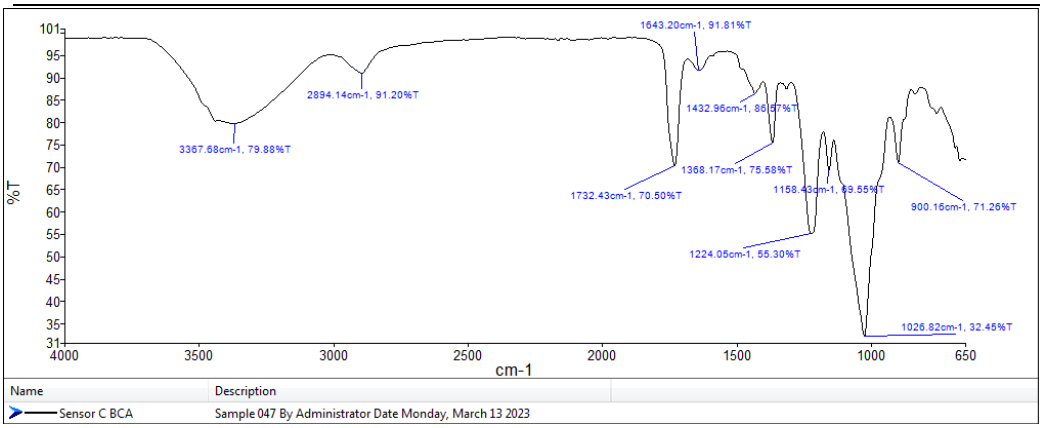


الشكل (2): طيف طيف الاشعة المرئية-فوق البنفسجية للغشاء الشفاف (a) وللمستشعر قبل (b) وبعد (c) التفاعل مع الالبومين.

<u>بعد صباغة الغشاء</u>: بعد صبغ الغشاء الشفاف بالكاشف للحصول على المستشعر (الشكل 3) تم فحص المستشعر بواسطة طيف الاشعة المرئية -الفوق البنفسجية للتأكد من ارتباط الصبغة بالغشاء الشفاف، ويبين الشكل (3) طيف الاشعة المرئية – الفوق بنفسجية بعد المعالجة بصبغة (BCG)، حيث تظهر امتصاصية (BCG) عند الطول الموجي (655nm) كم هو مبين في الشكل (2b).

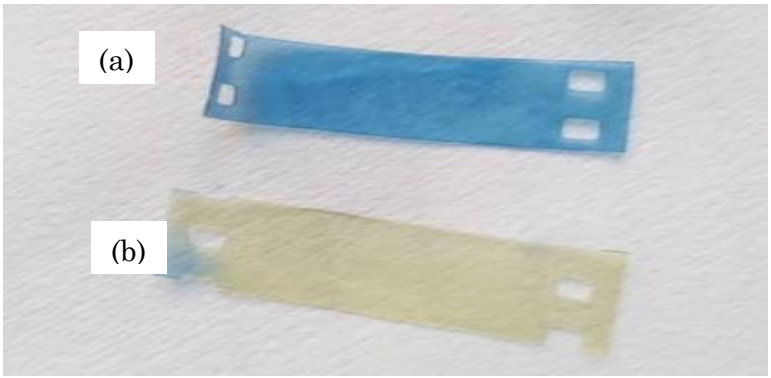
الشكل (3): صورة فوتوغرافية للغشاء الشفاف قبل وبعد المعالجة بصبغة (BCG).

وقد تم ايضا دراسة طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر وذلك للتعرف على اهم التغيرات التي حدثت للغشاء بعد المعالجة بالصبغة. حيث يظهر الشكل (4) طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء بعد معالجته بالصبغة، قد تم ملاحظة بعض التغيرات على طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء، مما يثبت ارتباط الصبغة بالغشاء، حيث لوحظ تغيرات في موقع مجموعة (OH) من 3403 cm^{-1} قبل الصبغ (الشكل 1) الي 3367 cm^{-1} بعد الصبغ (الشكل 4)، وكذلك تمت إزاحة مجموعة الاستيل من 1738 cm^{-1} الي 1732 cm^{-1}.

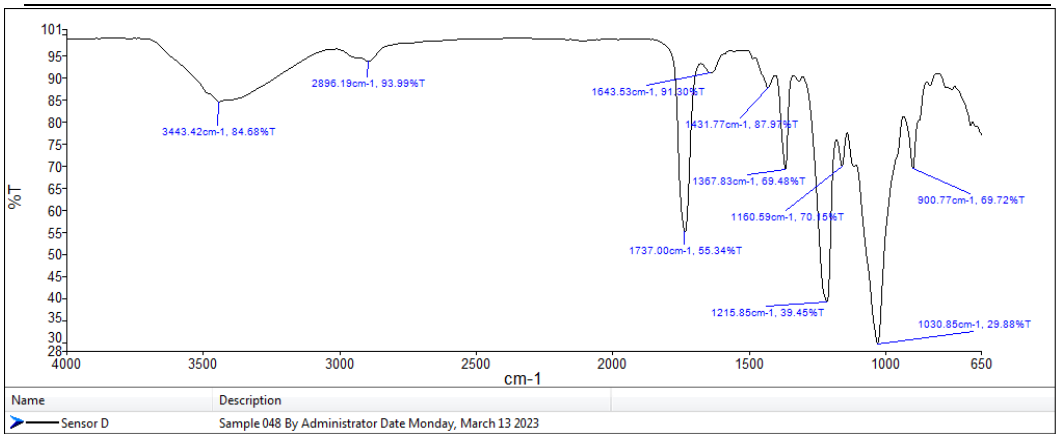


الشكل (4): طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر

وقد تم اختبار التغيرات الطيفية للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين، حيث لوحظ تغير لون المستشعر عند غمره في محلول الالبومين عند الظروف المثلى للتفاعل من اللون الأزرق الى الأصفر الشفاف كم هو مبين في الصورة الفوتوغرافية للحساس (الشكل 5)، وامتصاصية عند 392 nm (الشكل 2c). يؤكد هذه التغيرات طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين. حيث لوحظ ازاحة (blue-shift, hypsochromic) من الطول الموجي (655 nm) قبل التفاعل الي (392 nm) بعد التفاعل مع الالبومين، مع زيادة ملحوظة في شدة الامتصاص (hyperchromic) مما يدل علي زيادة معامل الامتصاصية (ε) للمعقد الناتج من ارتباط الالبومين بصبغة (BCG) عند الطول الموجي المبين. ويظهر الشكل (6) طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين، حيث لوحظ تغيرات في موقع مجموعة الهيدروكسيل (OH) من 3367 cm^{-1} قبل تفاعل المستشعر الي 3443 cm^{-1} ومجموعة الاستيل من 1732 cm^{-1} الي 1737 cm^{-1} للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين.



الشكل (5): صورة المستشعر (a) قبل و (b) بعد التفاعل مع الالبومين

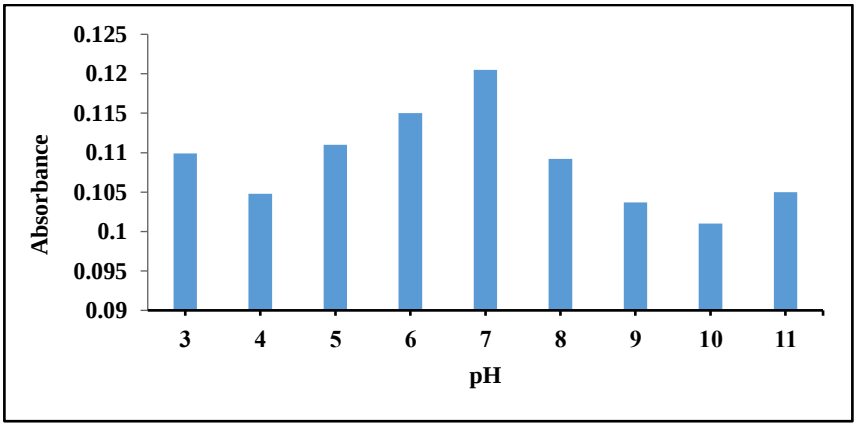


الشكل (6): طيف IR للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين.

دراسة الظروف المثلى للمستشعر

تأثير الاس الهيدروجيني (pH)

تم دراسة تأثير (pH) على كفاءة الكاشف المثبت على المستشعر للكشف عن الالبومين، عند قيم مختلفة من (3-11) pH، وقد اظهرت النتائج المبينة بالشكل (7) ان الوسط المتعادل هو الوسط المناسب لتفاعل الالبومين والكاشف على المستشعر، وعلى عكس الدراسات السابقة التي قام بها كل من (Zeng et al., 1995) و (Miyada et al., 1972) و(Doumas et al., 1997) فقد اثبت اغلبها ان أفضل ارتباط للصبغة (BCG) بالألبومين في الوسط الحمضي (4 pH).

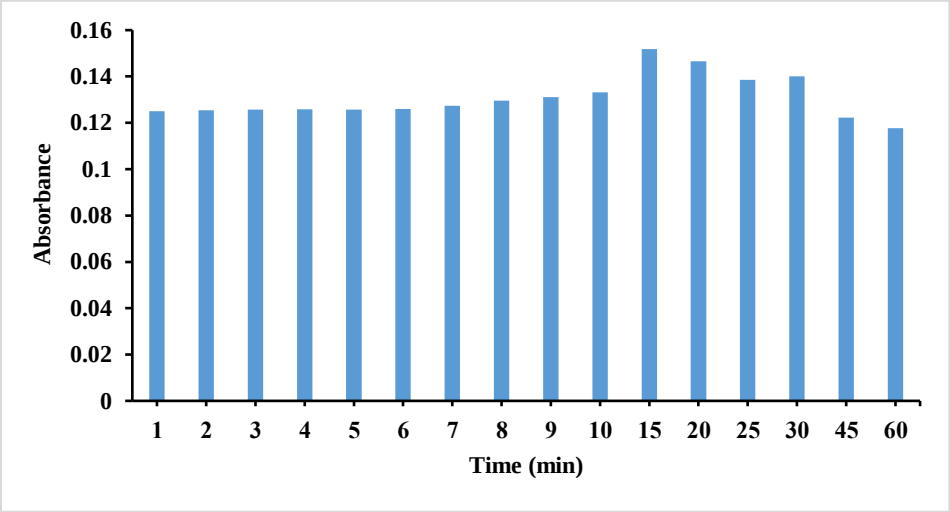


شكل (7): تأثير الاس الهيدروجيني (pH) على تقدير الالبومين بواسطة المستشعر

تأثيرزمن الارتباط

يعتبر وقت الاستجابة بمثابة ميزة تحليلية أساسية لأي مستشعر، فقد تم دراسة تأثير زمن الارتباط على حساسية المستشعر عند ازمنة مختلفة كما هو مبين في الشكل (8)، فقد بينت الدراسة الاستجابة السريعة للمستشعر من الدقيقة الاولي، مما

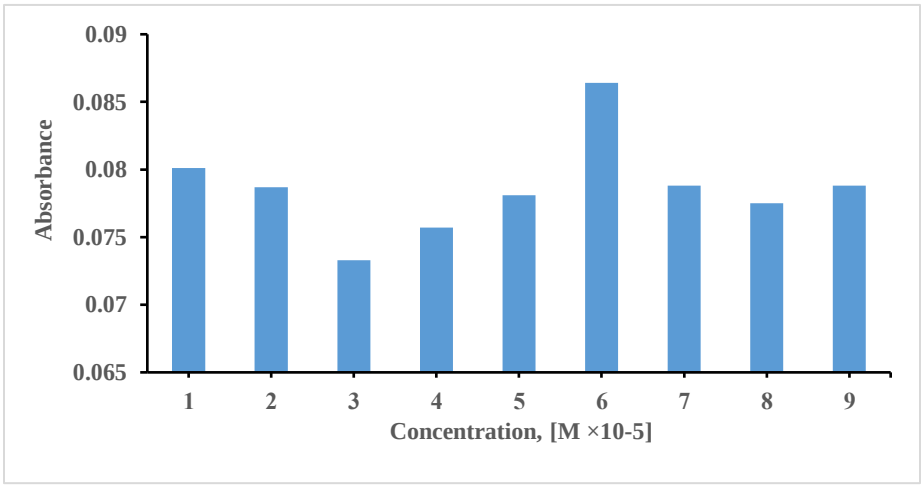
يدل على سرعة تفاعل الكاشف المثبت على المستشعر مع محلول الالبومين وتكوين معقد، وسجلت أفضل استجابة للمستشعر بعد 15 دقيقة، عليه تم اختيار 15 دقيقة كأفضل وقت للاستجابة في التجارب اللاحقة.



الشكل (8): تأثير زمن الارتباط على الكشف عند الظروف المثلى

تأثير تركيز الكاشف (BCG)

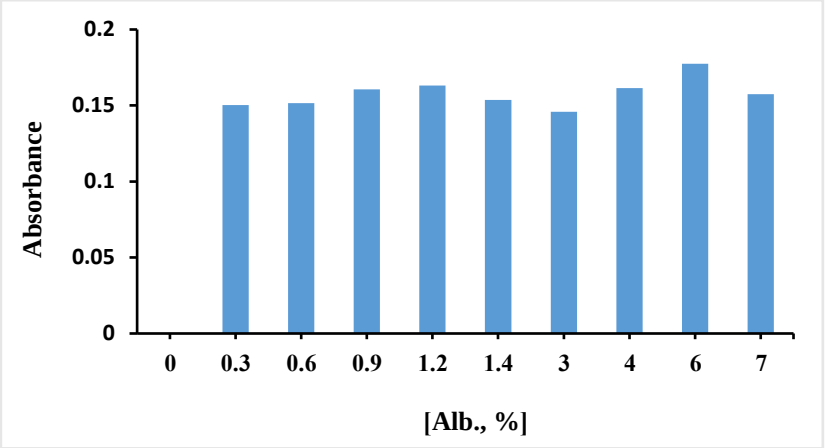
تم أيضا دراسة تركيز الكاشف (BCG) للكشف عن الالبومين، حيث تم تحديد أفضل تركيز للكاشف المثبت علي المستشعر عن طريق تثبيت تراكيز مختلفة من الكاشف (BCG)، وكان أفضل تركيز هو 8.6×10^{-6} M، والشكل (9) يوضح تأثير تركيز الكاشف على عملية الكشف.



الشكل (9): تأثير تركيز الكاشف (BCG) للكشف عن الالبومين

تأثير تركيز الالبومين

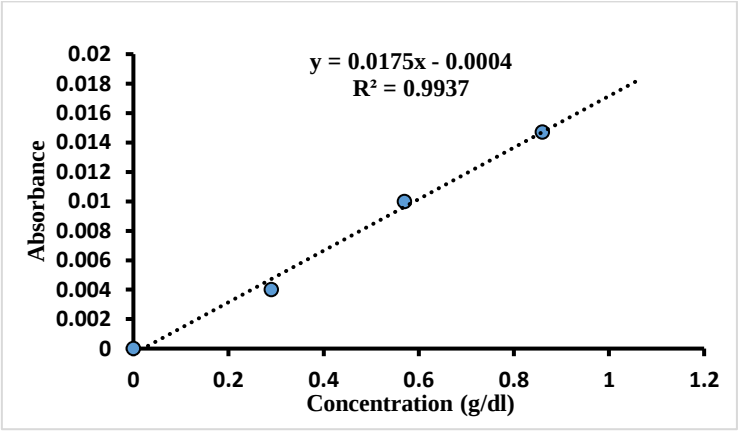
تم دراسة تأثير تركيز الالبومين التجاري المأخوذ من الصيدليات لاختبار مدي فاعلية المستشعر واستجابته لتركيز الالبومين في العينات، حيث تم تحضير تراكيز مختلفة من الالبومين. واظهرت النتائج ان أفضل كمية للألبومين المتفاعل مع الكاشف المثبت على المستشعر هي 6% كما هو مبين في الشكل (10).



الشكل (10): تأثير تركيز الالبومين على المستشعر

الكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر تحت الظروف القياسية

تم دراسة الظروف المثالية للكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر، حيث تم تحضير عينة وتطبيق جميع الظروف القياسية المثالية فيها وهي (الزمن عند 15 دقيقة والاس الهيدروجيني عند pH7 تركيز الكاشف (BCG) 6×10^{-5} M وتركيز الالبومين عند 6% وتم قياس الامتصاصية عند الطول الموجي (392 nm)، تم الحصول على معادلة الخط المستقيم، كما في الشكل (11)، والمتمثل بالمعادلة $y = 0.0175x-0.0004$، ومعامل ارتباط ($R^2 = 0.9937$).



الشكل (11): المنحني القياسي لتركيز الالبومين

 ISBN 978-9959-891-67-9

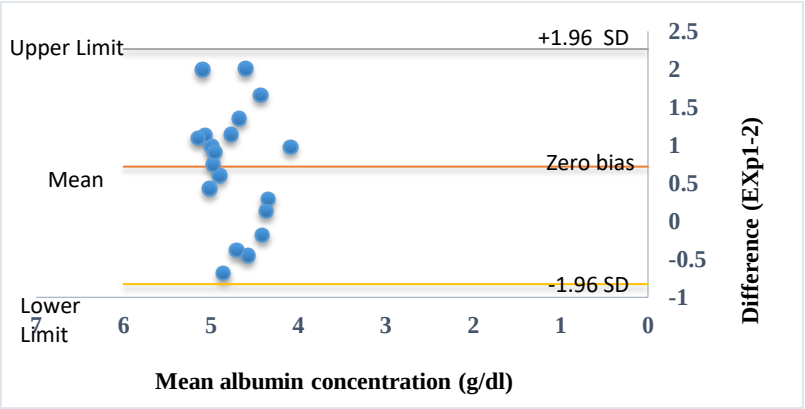
الكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر في العينة الطبيعية

تم اختبار الطريقة المقترحة في هذه الدراسة لتحديد تركيز الالبومين في عينات حقيقية من الدم، وذلك لمعرفة فاعلية الحساس وأيضا لمعرفة التداخلات التي قد تحدث من المواد الأخرى المتواجدة بالدم، حيث تم أخذ عينات من مصل الدم البشري من احدى المختبرات الطبية في مدينة سرت، وتم الكشف على تركيز الالبومين في مصل الدم باستخدام المستشعر، ومقارنتها بنتائج المختبر باستخدام طرق اخرى، وكانت النتائج جيدة مقارنة مع نتائج المختبر، والجدول (12) يوضح مقارنة بين نتائج المستشعر ونتائج المختبر الطبي بالمدينة.

جدول (1): مقارنة بين نتائج المستشعر ونتائج المختبر

رقم العينة	تركيز الالبومين (g/dl)			رقم العينة	تركيز الالبومين (g/dl)	
	المستشعر	المختبر			المستشعر	المختبر
1	4.3	4.5		2	4.5	4.2
3	5.6	4.5		4	4.4	4.8
5	4.4	4.3		6	4.6	3.6
7	4.5	4.9		8	4.5	5.2
9	4.5	5.2		10	5.2	4.6
11	6.1	4.1		12	5.4	4
13	5.6	3.6		14	5.7	4.6
15	5.2	4.8		16	5.2	4.8
17	5.5	4.5		18	5.3	4.6
19	5.3	4.2				

وتمت أيضا المقارنة بين الطريقتين عن طريق استخدام مخطط بلاند التمان (Bland-Altman Plot) الاحصائي التي اتبعها كل من (Garcia et al., 2018) و (Coley-Grant et al., 2016) و (Duly et al., 2003) في المقارنة بين نتائجهم، وهو دراسة مقارنة طريقة باخري تستخدم لتقيم متوسط الاختلافات بين طريقتين للقياس وتقييم الاتفاق بين الطريقتين، وقد أظهرت نتائج بلاند التمان على التوافق الإيجابي بين الطريقتين (الشكل 12)، حيث تم الكشف عن 19 عينة مصل وكان معامل الاختلاف بينهما 0.72 g/dl والانحراف المعياري 0.78 g/dl.



الشكل (22): مقارنة (Bland-Altman Plot) للكشف عن الالبومين

حساب حساسية المستشعر

تم حساب حساسية المستشعر المستخدم للكشف عن الالبومين باستخدام معادلة (معامل ساندل Sandell's) (sensitivity/Index) لحساب حساسية المستشعر المستخدم في عمليات الكشف، والتي تعبر عن اقل تركيز للمادة (ppm) يمكن للمستشعر قياسها وذلك عن طريق حساب امتصاصية المستشعر في خلية طول المسار الضوئي بها (1cm)، وقد اظهر المستشعر امتصاص عند 392 nm مع نطاق خطي بين 0.29-5.7 g/dl، وتم التحقق من دقة الطريقة عن طريق الحد الأدنى من الكشف (Limit of Detection, LOD) الذي وجد مساويا 1.22 g/dl، والحد الأدنى من الكمية (Limit of Quantitation, LOQ) الذي وجد مساويا 3.70 g/dl، وتؤكد هذه البيانات ان طريقة المستشعر المحضر حساسة للكشف عن الالبومين بشكل فعال، والجدول (2) يوضح الظروف المثلي للمستشعر.

جدول (2): الظروف المثلى للمستشعر

المعايير (المقاييس)	النتيجة
الطول الموجي (λ_{max})	392 نانومتر
حدود قانون بير-لمبرت (µg/mL)	5.7-0.29
معامل الارتباط (r^2)	0.9937
معادلة الخط المستقيم	Y= 0.0175x-0.0004
حساسية ساندل (µg/cm^2-0.001)	0.0123
الميل (m)	0.0175
حد الكشف (LOD, µg/mL)	1.22
حد الكم ((LOQ, µg/mL)	3.70
الانحراف المعياري (SD)	0.0065
عمر المستشعر (hr)	12

الخلاصة

تناولت هذه الدراسة استخدام مخلفات التصوير الفوتوغراقي في تطوير مستشعر بصري لتحديد الألبومين في مصل الدم، والذي يعتمد على تثبيت صبغة BCG على غشاء ثلاثي أسيتيل السليلوز (TCA). تم إعداد المستشعر الموصوف في هذا الدراسة بسهولة، حيث يقدم طريقة بسيطة وسريعة وفعالة من حيث التكلفة لقياس الألبومين في عينات حقيقية. يعرض المستشعر مدى تركيز خطي للألبومين يتراوح بين 0.29 و 5.7 ميكروغرام/مل، وحد كشف يبلغ 1.22 ميكروغرام/مل، ووقت استجابة سريع نسبيًا يتراوح من 1-15 دقيقة. يعمل المستشعر بشكل مثالي في وسط محايد بدرجة حموضة تبلغ 7، ويمكنه تحديد مستويات الألبومين في عينات الدم الحقيقية بشكل فعال بالمقارنة مع أجهزة الاستشعار البصرية التي تم تطويرها سابقًا والتي تستخدم نظام تثبيت مماثل.

المراجع

Afkhami, A., & Sarlak, N. (2007). Design and characteristics of a sulfide and sulfite optode based on immobilization of methyl violet on a triacetylcellulose membrane. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *124*(2), 285-289.

Arroyo, V., García-Martinez, R., & Salvatella, X. (2014). Human serum albumin, systemic inflammation, and cirrhosis. *Journal of Hepatology*, *61*(2), 396-407.

ATLAS MEDICAL, Albumin bromocresol green (BCG) "*Quantitative determination of albumin for in-vitro and professional use only*", William James House, Cambridge, uk.

Bertholf, R. L. (2014). Proteins and albumin. *Laboratory Medicine*, *45*(1), e25-e41.

Branden, C. I., & Tooze, J. (2012). *Introduction to protein structure*. Garland Science.

Chamjangali, M. A., Soltanpanah, S., & Goudarzi, N. (2009). Development and characterization of a copper optical sensor based on immobilization of synthesized 1-phenyl-1, 2-propanedione-2-oxime thiosemicarbazone on a triacetylcellulose membrane. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *138*(1), 251-256.

Coley-Grant, D., Herbert, M., Cornes, M. P., Barlow, I. M., Ford, C., & Gama, R. (2016). The impact of change in albumin assay on reference intervals, prevalence of 'hypoalbuminaemia'and albumin prescriptions. *Annals of Clinical Biochemistry*, *53*(1), 112-116.

Crowley, L. V. (1964). An evaluation of serum protein fractionation using a methyl orange method for determination of albumin. *Clinical Chemistry*, *10*(12), 1131-1136.

Dos S., R., Figueiredo, C., Viecinski, A. C., Pina, A. S., Barbosa, A. J., & Roque, A. C. A. (2019). Designed affinity ligands to capture human serum albumin. *Journal of Chromatography A,* 1583, 88-97.

Doumas, B. T., Watson, W. A., & Biggs, H. G. (1971). Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromcresol green. *Clinica Chimica Acta*, *31*(1), 87-96.

Doumas, B. T., Watson, W. A., & Biggs, H. G. (1997). Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromcresol green. *Clinica Chimica Acta*, *258*(1), 21-30.

Duly, E. B., Grimason, S., Grimason, P., Barnes, G., & Trinick, T. R. (2003). Measurement of serum albumin by capillary zone electrophoresis, bromocresol green, bromocresol purple, and immunoassay methods. *Journal of Clinical Pathology*, *56*(10), 780-781.

Fraden, J. Handbook of Modren Sensors, Fifth Edition, Springer-Vertag, New York, 2015.

Garcia M., V., Beridze V., N., Martinez G., M., D., Laborda G., B., Garcia A., S., & Fernandez R., E. (2018). Overestimation of albumin measured by bromocresol green vs bromocresol purple method: influence of acute-phase globulins. *Laboratory Medicine*, *49*(4), 355-361.

Giancarla, A. Camilla, Z., Lisa, R. M. and Raffaela, B., (2020). Disposable and Low-Cost Colorimetric Sensors for Environmental Analysis. Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 8331.

Grattan K., T., V., & Meggitt B., T. (1999). Optoelectronics imaging and Sensing, Optical Fiber Sensor Technology, Volume 3 Applications and Systems, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-412-82570-8.

Hariharan, P. (2003). "Optical Interferometry in Astronomy", Reports On Progress in Physics, Second Edition, Institute of Physics, Sydney Univ. Academic Press. Sydney, Australia

Haus, J. (2010). *Optical sensors: Basics and Applications*. John Wiley & Sons. ISBN 978-3-527-40860-3.

Hill, P. G. The measurement of albumin in serum and plasma. *Annals of Clinical Biochemistry* 22.6 (1985): 565-578.

Ito, S., & Yamamoto, D. (2010). Mechanism for the color change in bromocresol purple bound to human serum albumin. *Clinica Chimica Acta*, *3*(411), 294-295.

Ito, S., & Yamamoto, D. (2015). Structure of the methyl orange-binding site on human serum albumin and its color-change mechanism. *Biomedical Research*, *36*(4), 247-252.

Kratz, F. (2008). Albumin as a drug carrier: Design of prodrugs, drug conjugates and nanoparticles. *Journal of Controlled Release*, *132*(3), 171-183..

Kretschmar M. & Welsby S. (2005). Capacitive and inductive displacement sensors, in "Sensor Technology Handbook", J. Wilson (editor) Newnes: Burlington, MA.

Kumar, D., & Banerjee, D. (2017). Methods of albumin estimation in clinical biochemistry: Past, present, and future. *Clinica Chimica Acta*, *469*, 150-160.

Labcare, Albumin BCG colorimetric test ''Quantitative determination of albumin in serum/plasma IVD'' LAB-Care Diagnostics (INDIA) PVT. LTD.

Li, P., Wang, Y., Zhang, S., Xu, L., Wang, G., & Cui, J. (2018). An ultrasensitive rapid-response fluorescent probe for highly selective detection of HSA. *Tetrahedron Letters*, *59*(14), 1390-1393.

López-Higuera, J. M. (Ed.). (1998). Optical sensors. Ed. Universidad de Cantabria. ISBN: 84-8102-197-0.

Miyada, D. S., Baysinger, V., Notrica, S., & Nakamura, R. M. (1972). Albumin quantitation by dye binding and salt fractionation techniques. *Clinical Chemistry*, *18*(1), 52-56.

Nicholson, J. P., Wolmarans, M. R., & Park, G. R. (2000). The role of albumin in critical illness. *British Journal of Anaesthesia*, *85*(4), 599-610.

Onu, C. E., Ekwueme, B. N., Ohale, P. E., Onu, C. P., Asadu, C. O., Obi, C. C., & Onu, O. O. (2023). Decolourization of bromocresol green dye solution by acid functionalized rice husk: artificial intelligence modeling, GA optimization, and adsorption studies. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *9*, 100224.

Onu, C. E., Ohale, P. E., Ekwueme, B. N., Obiora-Okafo, I. A., Okey-Onyesolu, C. F., Onu, C. P., & Onu, O. O. (2022). Modeling, optimization, and adsorptive studies of bromocresol green dye removal using acid functionalized corn cob. *Cleaner Chemical Engineering*, *4*, 100067.

Pinnell, A. E., & Northam, B. E. (1978). New automated dye-binding method for serum albumin determination with bromcresol purple. *Clinical Chemistry*, *24*(1), 80-86.

Pugia, M. J., Lott, J. A., Profitt, J. A., & Cast, T. K. (1999). High-sensitivity dye binding assay for albumin in urine. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, *13*(4), 180-187.

Rodkey, F. L. (1965). Direct spectrophotometric determination of albumin in human serum. *Clinical Chemistry*, *11*(4), 478-487.

Safavi, A., & Bagheri, M. (2008). Design of an optical sensor for indirect determination of isoniazid. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *70*(4), 735-739.

Saifer, A., & Zymaris, M. C. (1955). Effect of shaking on the accuracy of salt fractionation methods for serum albumin. *Clinical Chemistry*, *1*(3), 180-189.

Samir, K. and Tawfik, A. K, (2020). Recent Advances in Cellulose-Based Biosensors for Medical Diagnosis. *Biosensors*, 10(6), 67.

Shokrollahi, A., Alizadeh, A., Malekhosseini, Z., & Ranjbar, M. (2011). Removal of bromocresol green from aqueous solution via adsorption on Ziziphus nummularia as a new, natural, and low-cost adsorbent: kinetic and thermodynamic study of removal process. *Journal of Chemical & Engineering Data*, *56*(10), 3738-3746.

Slater, L., Carter, P. M., & Hobbs, J. R. (1975). Measurement of albumin in the sera of patients. *Annals of Clinical Biochemistry*, *12*(1-6), 33-40.

Tavallali, H., Vahdati, P., & Shaabanpur, E. (2011). Developing a new method of 4-(2-pyridylazo)-resorcinol immobilization on triacetylcellulose membrane for selective determination of Ga^{3+} in water samples. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *159*(1), 154-158.

Truechemie Albumin Test Kit (Bromocresol Green) "*For the quantitative determination of albumin concentration in human serum or plasma*" Athenese-Dx Pvt. Ltd, India

Xu, J. F., Yang, Y. S., Jiang, A. Q., & Zhu, H., L. (2022). Detection methods and research progress of human serum albumin. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, *52*(1), 72-92.

Zeng, W., Meng, X., Li, N., & Tong, S. (1995). New method of simultaneous and non-destructive determination of human serum albumin and globulin. *Analytica Chimica Acta*, *316*(3), 387-389.

Using industrial plastic waste to develop a sensitive and flexible sensor for detecting albumin in blood

Ibrahim Ahmed Dhaw[1], Abdussalam Salhin Mohamed*[1], Adel Mohamed Mlitan[2]

[1]Chemistry Department, Faculty of Sciences, Sitre University, Sirte, Libya

[2]Chemistry Department, Faculty of Sciences, Misurata University, Misurata, Libya

Abstract

An effective and cost-efficient optical sensor has been developed to measure albumin levels in blood samples. This sensor utilizes bromocresol green (BCG) reagent immobilized on a triacylglycerol acetate (TAC) membrane. The analytical measurements are based on the formation of a complex between albumin and the BCG reagent on the membrane. The binding of the reagent to the TAC membrane was verified using UV-Vis and IR spectroscopy. Several factors that enhance the sensitivity of the sensor were identified, including pH, contact time, and reagent concentration. Results showed significant color change in the sensor upon immersion in the albumin solution, shifting from blue (655 nm) to yellow (392 nm). The sensor exhibited sensitivity within a concentration range of 0.29–5.7 µg/ml of albumin, with detection and quantification limits of 1.22 µg/ml and 3.70 µg/ml, respectively, at a wavelength of 392 nm. The response time varied from 1 to 15 minutes, and the relative standard deviation for 19 repeated albumin measurements was 10.9%. Additionally, the calculated sensitivity/Sandell index was 0.0123 mg/ml. The optical sensor's effectiveness in detecting albumin in real blood samples was evaluated, yielding satisfactory results consistent with those obtained in other laboratories.

Keywords: Albumin; BCG; Cellulose Acetate; Sensors; Serum.