مجلة جامعة حمص

سلسلة علوم الهندسة الكيميائية والبترولية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 48 . العدد 7

1448 هـ - 2026 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص **المدير المسؤول عن المجلة**

أ. د. وليد حمادة	**رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية**
د.نعيمة عجيب	**رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية**

د.محمد فراس رمضان	عضو هيئة التحرير
د. مضر سعود	عضو هيئة التحرير
د. ممدوح عبارة	عضو هيئة التحرير
د. موفق تلاوي	عضو هيئة التحرير
د. طلال رزوق	عضو هيئة التحرير
د. أحمد الجاعور	عضو هيئة التحرير
د. الياس خلف	عضو هيئة التحرير
د. روعة الفقس	عضو هيئة التحرير
د. محمد الجاسم	عضو هيئة التحرير
د. خليل الحسن	عضو هيئة التحرير
د. هيثم حسن	عضو هيئة التحرير
د. أحمد حاج موسى	عضو هيئة التحرير

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الالكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :**

يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.

- **اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :**

يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):**

عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسـبة لكليات (الآداب – الاقتصـاد– التربية – الحقوق – السياحة – التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):**
- عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
3. أهداف البحث و أسئلته.
4. فرضيات البحث و حدوده.
5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
7. منهج البحث و إجراءاته.
8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
9. نتائج البحث.
10. مقترحات البحث إن وجدت.
11. قائمة المصادر والمراجع.

7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

أ- قياس الورق 17.5×25 B5.

ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 – يمين 2.5- يسار 2.5 سم

ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8

ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20

ـ كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي ـ العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.

8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.

9- تقديم أي بحث للنشـر في المجلة يدل ضـمناً على عدم نشـره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة ـ الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة ـ سنة النشر ـ وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة ـ دار النشر وتتبعها فاصلة ـ الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة.

وفيما يلي مثال على ذلك:

–MAVRODEANUS, R1986– **Flame Spectroscopy**. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

ـــ بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة ـــ المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة ـــ أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.

مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases **Clinical Psychiatry News** , Vol. 4. 20 – 60

ج. إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. **دفع رسم نشر (600) ل.س ستمئة ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة حمص.**
2. **دفع رسم نشر (2000) ل.س الفا ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .**
3. **دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .**
4. **دفع مبلغ (150) ل.س مئة وخمسون ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
استخدام الأمواج فوق الصوتية في تحديد نسبة تحوّل المونومير إلى بوليمر عند بلمرة الستايرين في التولوين	إبراهيم الخضور د. صباح السباعي د. حسن اليتيم	36-11
فعالية التراكيب الطبيعية والزيوت العطرية في الصناعات التجميلية	د. براءة المنصور د. ميسون عباس	64-37
دراسة إحصائية لإضافة مسحوقي الشوندر الأحمر والسبانخ لنوعين من المعكرونة	د. سوسن بوطة د. نور زين العابدين د. هنادي السباعي د. نسرين البيطار	88-65
اصطناع مركب نانوي خماسي من قشور الجوز ووسيط مستهلك لمعالجة مياه صرف المصافي وأبراج التبريد	د. فطمه سليمان علوش	112-89
تأثير درجة الحرارة والرطوبة النسبية على جودة بذور القطن أثناء التخزين	أحمد زعتر د. نسرين البيطار د. عبد العزيز عبارة	140-113

استخدام الأمواج فوق الصوتية في تحديد نسبة تحوّل المونوميرإلى بوليمر عند بلمرة الستايرين في التولوين

اعداد : ابراهيم الخضور اشراف : د. صباح السباعي ، د. حسين اليتيم

ملخص

تُعد المراقبة الآنية لتفاعلات البلمرة في المختبر والصناعة ذات أهمية بالغة لإنتاج مواد وفق المواصفات المطلوبة، ولا سيما عندما يكون المنتج النهائي حساساً للتغيرات التي تطرأ على وسط التفاعل، مثل اللزوجة أو توزّع الوزن الجزيئي للبوليمر. تستعرض هذه الدراسة إمكانية استخدام الأمواج فوق الصوتية لمراقبة بلمرة الستايرين في التولوين بوجود المبادر آزو–إيزوبيوتيرونتريل (AIBN). استُخدمت في الدراسة أمواج فوق صوتية ترددها 8 MHz لرصد التغيرات في الخصائص الصوتية لوسط التفاعل، وتحديداً سرعة الصوت ومعامل التخامد. تعكس سرعة الصوت التغيرات في الكثافة والانضغاطية المصاحبة لتحوّل المونوميرات إلى سلاسل بوليمرية، في حين يرتبط التخامد بزيادة لزوجة الوسط الناتجة عن نمو السلاسل وتطور ديناميكيتها. جرى تقدير نسبة التحوّل من خلال مقارنة القياسات الصوتية لوسط التفاعل مع القياسات الصوتية لأوساط معيارية تضم محاليل بوليستايرين في الستايرين والتولوين تحاكي نسب تحول مختلفة. ولغرض التحقق، قيس التحوّل أيضًا بطريقة الترسيب التقليدية. أظهرت النتائج أن القيم الصوتية تتوافق بشكل جيد مع القيم المعيارية عند مختلف درجات الحرارة ومراحل التفاعل، مع دقة بلغت نحو 87% مقارنة بطريقة الترسيب. تؤكد هذه النتائج جدوى استخدام المراقبة فوق الصوتية كأداة آنية وفعّالة لدراسة حركيات تفاعلات البلمرة.

كلمات مفتاحية: بلمرة الستايرين، المراقبة الآنية للتفاعلات، أمواج فوق صوتية، نسب التحول في البلمرة

Ultrasound-based Determination of Monomer-to-Polymer Conversion during Styrene Polymerization in Toluene

Abstract

Real-time monitoring of polymerization reactions is crucial in both laboratory and industrial settings to ensure the production of materials with desired specifications, particularly when the final product is sensitive to changes in the reaction medium, such as viscosity or molecular weight distribution. This study investigates the use of ultrasonic techniques to monitor the polymerization of styrene in toluene in the presence of azobisisobutyronitrile (AIBN) as an initiator. Ultrasound waves at a frequency of 8 MHz were used in the study to monitor changes in the acoustic properties of the reaction medium, specifically sound velocity and .attenuation

Ultrasound waves at 8 MHz were applied to track variations in the acoustic properties of the reaction medium, namely sound velocity and attenuation. Sound velocity reflects changes in density and compressibility associated with the conversion of monomers into polymer chains, while attenuation is linked to viscosity increases resulting from polymer chain growth and dynamics. Conversion rates were estimated by comparing the acoustic data of the reaction medium with reference solutions of polystyrene in styrene representing different conversion levels. For validation, actual conversions were also determined by conventional precipitation. The results showed that ultrasonic measurements exhibited good agreement with reference data

across different temperatures and reaction stages, achieving conversion accuracy up to 87% compared with precipitation. These findings highlight the potential of ultrasound as a real-time, non-invasive tool for monitoring polymerization kinetics.

Keywords: Styrene polymerization, Real-time reaction monitoring, Ultrasound spectroscopy, Monomer-to-polymer conversion.

1- المقدمة:

لمراقبة تفاعلات البلمرة في وسط التفاعل آنيًا أثناء تقدم التفاعل أهمية كبيرة، إذ تقدم البيانات التي تستخلص من أجهزة القياس معلومات آنية عن فعالية انضمام المونوميرات إلى سلاسل البوليمر البوليمر المتكوّنة [1]، وتزايد الوزن الجزيئي للبوليمر[2]، وتغيرات الخواص الفيزياكيميائية لوسط التفاعل مثل اللزوجة[3]. وتتيح هذه المعلومات إمكانية التحكم الأمثل في خصائص المنتج، وتقليل الهدر في الطاقة والمواد الأولية، وصولًا إلى إدارة منظومة المفاعل بشكل تكيّفي تلائم طبيعة وخواص البوليمر المطلوب. وتُعد تلك القياسات أساسية في بعض حالات بلمرة الستايرين في المحاليل (مثل التولوين)، وذلك لضمان الأداء الميكانيكي والحراري لبوليمر الستايرن الناتج، إضافة إلى جودة تقييم عملية الإنتاج من ناحية الجدوى الاقتصادية. فقد تسبب بعض الطرق التقليدية غير الآنية التي تتطلب أخذ العينات وتبريدها (مثل كروموتغرافيا النفاذية عبر الجل GPC، أو القياسات الريولوجية) وقتًا طويلاً، وقد تسبب اضطراباً في حركية التفاعل إن لم تؤخذ بالشكل التقني الصحيح. وغالبًا ما تفشل تلك التقنيات في رصد الحركية أو التحولات السريعة مثل بدء استطالة السلاسل وتداخلها وتأثيرات مرحلة التحول إلى جل.

شهد العقد الماضي تقدماً كبيراً في تقنيات بلمرة الستايرين في المذيبات، وتطوراً في تقنيات متابعة تقدم البلمرة وتغيراته الفيزيائية والكيميائية [4]. قد شملت تلك التطورات الرئيسية استُخدام مطيافية الأشعة القريبة من تحت الحمراء NIR ومطيافية ما تحت الحمراء المعززة بتحويل فورييه FTIR على نطاق واسع لتتبع تحول المونومر إلى بوليمر من خلال مراقبة إشارات مجموعة الفينيل التي يضمها التركيب

الكيميائي لمونومير الستايرن. وقد ازدادت دقة المعلومات المستخلصة من تحليل البيانات المقاسة باستخادم تقنيات البرمجة الإحصائية PLS و PCA ونماذج الذكاء الصنعي. وكانت النتيجة معلومات موثوقة وسريعة نسبيًا وغير تدميرية عن تقدم التفاعل، خاصةً عند استخدام حساسات مغمورة ضمن المفاعلات. مع ذلك بقي الاستخدام الأساسي لها وخاصة عند بلمرة الستايرين في دراسة نسبة تحول المونومير إلى بوليمر ودراسة مرحلة التصالب التي تأتي عادة بعد انتهاء التفاعل [5].

وقد اقتصر البحث في استخدامات الأمواج فوق الصوتية تقليدياً في تفاعلات البلمرة على توليد الجذور الحرة وفق آلية الفجوات [6]، و تشكيل طبقة انتشار حول الإلكترود في البلمرة الكهروكيميائية لتسهيل انتقال المادة [7]. لكنها برزت في الآونة الأخيرة كتقنيات مساعدة في تحسين التوضع الفراغي والناقلية الكهربائية لسلاسل البوليمر [8] [9]. وحظيت الأمواج فوق الصوتية بالاهتمام كتقنية واعدة في المراقبة المتواصلة لتفاعلات البلمرة دون أن تتأثر بتغير عكارة وسط التفاعل [10] الأمر الذي يعيق تطبيق تقنيات أخرى.

استخدم Pawelzyk وزملاؤه [11] تقنية الأمواج فوق الصوتية لمراقبة بلمرة المستحلبات الصغيرة الصغرى للستايرين، ولاحظوا زيادة سرعة الصوت زادت بمقدار 150 مترًا في الثانية تقريباً، وتغير معامل تخامد الأمواج attenuation coefficient بأكثر من 75% أثناء التفاعل. وأشار الباحثون إلى سيطرة التأثيرات الحرارية على قيمة معامل التخامد في المرحلة الأولى من التحوّل، ثم طغت عليها لاحقًا تأثيرات استرخاء سلاسل البوليمر Relaxation attenuation.

واستُخدمت الأمواج فوق الصوتية كذلك في تعقب الترابط بين طبقات البولميرات في تفاعلات بلمرة ريزين الإيبوكسي، حيث ينتقل فيها وسط التفاعل إلى بنية الصلبة [12]. إذ أشار الباحثون إلى إمكانية مراقبة تفاعل البلمرة بتعقب تغيرات تخامد الأمواج وسرعة الصوت خلال الفترة الطويلة لإتمام التفاعل (180 ساعة). كما أشار الباحثون إلى الحساسية الكبيرة للتجربة لتغيرات درجة الحرارة وتغيرات أطوار الوسط مثل ظهور فقاعات لنواتج غازية ثانوية.

وشملت بعض الأعمال الحديثة مراقبة اللزوجة آنيًا باستخدام الموجات فوق الصوتية بالتزامن مع القياسلات الريولوجية. فقد أعد باحثون [13] آلية لاستخدام الأمواج فوق الصوتية الطولية كجزء من منظومة القياس الريولوجية لمراقبة الخصائص الريولوجية لوسط البلمرة عند درجات حرارة عالية

ومتغيرة. وأشارت بيانات الدراسة إلى حساسية معاملات الأمواج فوق الصوتية للتغيرات في حالة البوليمر كالتصلب والتبلور، بالإضافة إلى تقلبات درجة الحرارة.

قدم مؤخرًا مجموعة من الباحثين [14] مراجعة هامة عن تقنية الأمواج فوق الصوتية في علم البوليمرات، ملخصين كيفية ارتباط سرعة الموجات فوق الصوتية وتخامدها بالوزن الجزيئي، وتصالب السلاسل البولميرية البوليمرية والتحولات المرونية في وسط التفاعل، كما ناقشوا التحديات المتعلقة بالأجهزة مثل عرض النطاق الترددي والحساسية ودرجة الحرارة المرتفعة وثغرات النماذج الحاسوبية المستخدمة في دراسة البيانات.

تظهر هذه التطورات في تطبيق تقنية الأمواج فوق الصوتية إلى أنها تتوجه نحو التتبع الكمي لخصائص البوليميرات مثل مراقبة تحول المونومير إلى بوليمر وتحديد الوزن الجزيئي الوسطي للبولمير، ومعامل التشتت الوزني DPI واللزوجة، وظواهر الاسترخاء، لكن لا تزال هناك العديد من التحديات التي تتعلق بدراسة تفاعلات البلمرة عبر مسح مجال ترددي واسع (قد يصل إلى مئات ميغاهرتز)، إضافة تجهيزات قياس دقيقة وموثوقة أخرى لاستنتاج الوزن الجزيئي، وإيجاد حلول تقنية لزيادة تخامد الإشارة الصوتية دون أن يئثر ذلك على دقة القياسات وتطوير منظومات القياس حتى لتسمح بتطبيق التعويضات الحرارية اللازمة مباشرة أثناء القياس.

انطلاقاً من هذه التطورات والفجوات البحثية، تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف استخدام الموجات فوق الصوتية (بتردد 8 MHz) لمراقبة بلمرة الستايرين في التولوين بوجود المبادر AIBN ، وربط الخصائص الصوتية (السرعة والتخامد) بنسبة تحوّل المونومر إلى بوليمر.

2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة الخاصيات الصوتية لوسط تفاعل بلمرة الستايرين في التولوين بوجود مبادر آزو – إيزوبوتيرونتريل AIBN لتوليد الجذور الحرة البادئة للتفاعل، باستخدام أمواج فوق صوتية بتردد 8 MHz.

تساهم القياسات المباشرة لسرعة الصوت وتخامد انتشار الأمواج في وسط التفاعل أثناء تقدمه في مراقبة تطور التفاعل وتحاول هذه الدراسة تحقيق ما يلي:

- تحديد نقاط بدايتة ونهاية التفاعل.
- مقارنة القياسات الصوتية المستخلصة أثناء تقدم تفاعل البلمرة مع قيم مستخلصة من قياس الخاصيات الصوتية لمحاليل بوليستايرين في الستايرن والتولوين تحاكي نسب تحوّل محدة سلفًا.
- ربط القياسات الصوتية بنسبة تحوّل المونومير إلى بوليمر والتأكد من جودة القياسات باستخلاص البولمير الناتج باستخدام تقنية الترسيب [14] وتحديد نسبة التحوّل.

أظهرت الدراسة الطيفيية الآنية بالأمواج فوق الصوتية لوسط العينة فعاليتها في رصد خاصيات الوسط. حيث أشارت إلى زيادة في تخامد الأمواج المنتشرة عند نسبة تحوّل مونومير تفوق 30% مع بلوغها قيم مرتفعة جدًا عند نسب تحول تفوق 80%. كما لوحظت زيادة بسيطة في السرعة النسبية للصوت عند بداية التفاعل، لا تلبث أن تزداد وتصبح قابلة للقياس عند نسب تحول تفوق 20%، بعد أخذ أثر ارتفاع درجة الحرارة بعين الاعتبار.

3- مواد وطرق البحث

نُظم هذا القسم من البحث كالتالي:

- توصيف مواد وسط التفاعل وتحضيره.
- إعداد محاليل بوليستايرين معيارية.
- تحضير محاليل البلمرة وإجراءات ما قبل التفاعل.
- توصيف منظومة القياس بالأمواج فوق الصوتية وتقنية عملها.
- إجراء التجارب والقياسات.

3-1- المواد المستخدمة وهندسة وسط التفاعل

استُخدمت في تجارب البلمرة المواد التالية:

– مونومير ستايرن Styrene Monomer من إنتاج Sigma–Aldrich بنقاوة أعلى من 99.0% وزنًا، مع آثار من 4–Tert–Butylcatechol كمثبط بلمرة بنسبة 50 ppm.

- مبادر آزو– إيزوبوتيرونتريل α,α′–Azoisobutyronitrile من إنتاج Sigma–Aldrich بنقاوة أعلى من 98.0% وزنًا، يعمل على توليد الجذور الحرة الكافية لبدء تفاعل البلمرة.

– تولوين Toluene من إنتاج WARCHEM بنقاوة أكبر من 99% وزنًا. ويستخدم كوسط حامل للتفاعل ومحل للبوليمر الناتج.

– كلور البنزن Chlorobenzene بنقاوة أعلى من 99% وزنًا من إنتاج WARCHEM، ويستخدم كمحل لمزيج (ستايرين– بوليستارين) في عملية فصل البوليمر بالترسيب.

– بولي ستايرين حبيبي عال النقاوة من إنتاج Sabic (فئة PS 100) لتحضير محاليل (ستايرين– بوليستايرين) في التولوين.

كما استُخدمت المعدات التالية في منظومة المفاعل:

– بيشير زجاجي سعة 500 mL وقطر 100 mm.

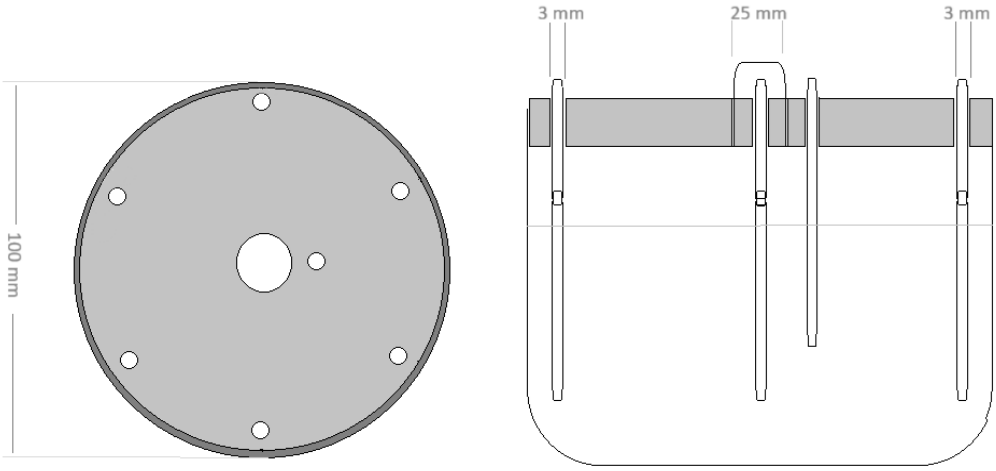
– غطاء من التيفلون لإحكام إغلاق البيشر مزوّد بستة ثقوب محيطية لإدخال الحساسات وثقب مركزي للمكثف وفي جواره ثقب مخصص لرفع وغمس ميزان حرارة زئبقي.

– مكثف حراري عمودي لتكثيف الأبخرة التي قد تنتج عن التولوين أو الستايرين لضمان ثباتية تراكيز المواد المتفاعلة .

– وعاء زجاجي سعة 4 لتر يضم مادة زيتية لتكوين حمام حراري يساعد على ضبط درجة حرارة التفاعل، مع إمكانية وضع الحمام على خلاط مغناطيسي عند الحاجة.

– منظومة تسخين آلية قابلة للمعايرة ترفع درجة حرارة الوسط بانتظام حتى تصل القيمة المحددة وتحافظ عليها.

– حوامل زجاجية للحساسات (قضبان تحريك مفرغة) بقطر 3 mm. تمرر أسلاك الحساسات خلالها ويترك فقط جسم الحساس ملامسًا لوسط التفاعل.



الشكل (1): مسقطين جانبي وعرضي لحجرة التفاعل مع الغطاء

3-2- إعداد محاليل بوليستايرين معيارية:

حُضّرت سلسلة قياسية من محاليل بوليستايرين في الستايرين والتولوين، لتحاكي نسب تحول مختلفة (10-80%) وزناً). أُذيبت حبيبات بوليستايرين نقية في مونومير الستايرين عند 25-30°C، ثم أُكمل المزيج إلى 200 mL بإضافة التولوين مع التحريك حتى الذوبان الكامل. حُفظت المحاليل في أوعية مغلقة تحت 10°C لتثبيط البلمرة التلقائية. لم يُؤخذ الوزن الجزيئي للبوليستايرين بعين الاعتبار، إذ لا تهدف الدراسة إلى تحليل البنية الجزيئية.

3-3- تحضير محاليل البلمرة وإجراءات ما قبل التفاعل:

حُضّر مزيج التفاعل بإذابة 100 g من الستايرين في 100 g من التولوين، مع إضافة المبادر AIBNبالنسب المولية التالية (نسبة إلى الستايرين): (0.158 g)0.1%، (0.780 g) 0.5%، (1.580 g) 0.1%.

للمبادر أثر كبير على سرعة التفاعل ونسبة التحوّل لذلك فإن استخدام نسب مختلفة يغيّر من حركية وسط التفاعل وبالتالي الحصول على مجال أوسع من القياسات الصوتية.

تُجرى تفاعلات البلمرة عند درجتي حرارة هما 60 °C و 80 °C لذلك أجريت القياسات الصوتية على العينات المعيارية عند هاتين الدرجتين بعد استقرار حرارة وسط العينة. وتجدر الإشارة إلى ضرورة تسخين الحمام الحراري إلى الدرجة المطلوبة قبل وضع حجرة التفاعل ضمنه لتفادي حدوث بلمرة تلقائية لمونومير الستايرين خلال فترة رفع درجة حرارة الحمام.

لم يُستخدم المكثف أثناء اختبار الخصائص الصوتية للعينات المعيارية لقصر الفترة الزمنية التي يتعرض فيها المزيج للحرارة قبل إجراء القياسات مقارنة بالزمن الطويل الذي يأخذه تفاعل البلمرة. ولا بد من التبريد السريع لوعاء الاختبار في حوض من الماء والثلج لإيقاف تفاعلات البلمرة التلقائية في حال التخطيط لاستخدام العينة المعيارية في اختبارات لاحقة.

3-4- إعداد جهاز القياس بالأمواج فوق الصوتية:

لإيجاد الخصائص الصوتية لكل من العينات المعيارية ومراقبة تغيرات وسط التفاعل استُخدمت أمواج فوق صوتية بتردد 8 MHz يؤمنها جهاز لتوليد واستقبال الأمواج فوق صوتية مكون من الأجزاء التالية:

- منظومة الإرسال: تتكون هذه المنظومة من محوّلات طاقة كهروضغطية Piezoelectric transducers من السيراميك تقودها لوحة تحكم إلكترونية تعمل على:

- تلقي إشارة بدء وإيقاف توليد الأمواج لاسلكيًا.
- توليد إشارة كهربائية وفقًا للتردد المطلوب والطاقة الكافية لتحفيز القرص الكهروضغطي على العمل في جوار تردده التصميمي أو أحد مدروجاته القريبة.

– منظومة الاستقبال: وتتكون من محولات كهروضغطية مماثلة لمحولات منظومة الإرسال من ناحية الشكل والمساحة والتردد التصميمي. تلتقط المحوّلات الموجة فوق الصوتية وتحولها إلى إشارة كهربائية ضعيفة تُضخم وتنقل إلى صيغة رقمية من خلال محوّل تماثلي رقمي يرسلها بدوره إلى وحدة التحكم والمعالجة.

– وحدة التحكم والمعالجة: يقودها تطبيق حاسوبي يشرف على عمليات استنهاض الجهاز وإعطاء إشارة البدء إلى وحدة الإرسال وتلقي البيانات من وحدة الاستقبال ومعالجتها.

يثبت قرص الإرسال مع أسلاك التوصيل إلى حامل زجاجي قطره 3 مم ويترك القرص حراً عموديًا على قعر وعاء التفاعل، بينما يوضع قرص الاستقبال موازيًا ومحاذيًا تمامًا لقرص الإرسال في الطرف المقابل. يجب أن يكون المستقبل مغمور كليًا في السائل، وتضبط المسافة بين القرصين لتكون 8 cm.

يرسل جهاز الإرسال أمواج مربعة square waves مطالها من الشكل:

$$A_{Tx}(t) = \frac{20}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} Sin(2\pi nft) \dots \dots \dots (1)$$

حيث يقدر المطال A_{Tx} بالفولت V والتردد f بالهرتز Hz والزمن بالثانية s.

يعمل حاسوب وحدة المعالجة والتحكم على تحديد المطال الفعلي للموجة المستقبلة A_{Rx} وزمن رحلة الموجة من المرسل إلى المستقبل t وتُحسب الخصائص الصوتية التالية للوسط عند التردد المطلوب :

- سرعة انتشار الصوت c مقدرة بوحدة $m.s^{-1}$ والتي تعطى بالعلاقة:

$$c = \frac{d}{t} \dots \dots \dots (2)$$

- معامل تخامد الموجة α مقدرًا بوحدة $dB.cm^{-1}$ من العلاقة:

$$\alpha = \frac{20}{d}\log\left(\frac{A_{Rx}}{A_{Tx}}\right) \dots\dots\dots (3)$$

حيث A_{Rx} و A_{Tx} مطالي الموجتين المستقبلة والمرسلة ويقدران بالفولت، و d المسافة بين المرسل والمستقبل مقدرًا بالفولت. ولإلغاء تأثير منظومة القياس على قيمة تخامد الوسط α_{med} يُحسب التخامد بالنسبة إلى الماء كونه وسط معلوم التخامد عند مختلف الترددات.

$$\alpha_{med} = \frac{20}{d}\log\left(\frac{A_{Rx,water}}{A_{Rx,med}}\right) \dots\dots\dots (4)$$

حُسب مطال الإشارة المستقبلة للماء المقطّر عند $60\ ^0C$ و $80\ ^oC$ فكانت قيمتهما على التوالي 4 V و 3.8 V. وبناء عليه تُصبح المعادلة (4) كالتالي بعد تعويض قيمة d:

$$\alpha = 2.5\log\left(\frac{\begin{cases}4\\3.8\end{cases}}{A_{Rx}}\right) \dots\dots\dots (5)$$

يعطي تحليل البيانات السابقة استدلالات دقيقة عن طبيعة الوسط، إذ تعكس سرعة الصوت تغيرات الكثافة والانضغاطية المرتبطة بتحول المونوميرات إلى سلاسل بوليمرية، بينما يرتبط تخامد الوسط بزيادة لزوجة الوسط التي تُعزى إلى نمو سلاسل البوليمر وتزايد ديناميكيتها.

3-5- إجراء الاختبارات والقياسات:

3-5-1- القياسات الصوتية للعينات المعيارية:

بّتت الأقراص الكهرضغطية على حاملاتها ضمن غطاء التيفلون، مع ميزان حرارة زئبقي. سُخّن الحمام الزيتي إلى 60°C، ثم وُضع وعاء العينة في الحمام. عند استقرار درجة الحرارة، أُرسلت نبضة صوتية (50µs، 12 V) وقيس زمن الوصول والتخامد. كُرر القياس خمس مرات وأُخذ المتوسط. فُرغ الوعاء ووضعت العينة التالية، وكُررت العملية. رُفعت درجة الحرارة إلى 80°C وأُعيدت القياسات. يعرض الجدول (1) النتائج.

3-5-2- اختبارات بلمرة الستايرين:

نُقل مزيج التفاعل إلى وعاء البلمرة، وثُبّتت المجسات والمكثف وميزان الحرارة. وُضع الوعاء في حمام زيتي عند 60°C، مع تشغيل المكثف عند 40°C والخلاط المغناطيسي بسرعة معتدلة. قيست الخصائص الصوتية كل 10 دقائق لمدة ساعتين، مع إيقاف الخلاط 20 ثانية قبل كل قياس لتجنب تأثير الفقاعات.

كُررت التجربة عند 80°C. بعد انتهاء التفاعل، استُبدل المكثف بعمود تقطير، ورُفعت درجة الحرارة إلى 120°C لتقطير التولوين عند 113°C، للحصول على مزيج الستايرين–بولي ستايرين فقط.

الجدول(1): القياسات الصوتية لعينات مونومير/بوليمر في التولوين

القياسات الصوتية للعينات

نسبة البوليمر إلى المونومير	درجة حرارة 60 °C | طول مسار الموجة 8 cm | تردد 8 MHz			
	المطال	زمن الوصول	سرعة الموجة	معامل التخامد
%	Volt	µs	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$
10	1.82±0.05	60.5±0.02	1322.31±0.08	0.89
20	1.75±0.05	59.75±0.02	1338.91±0.08	0.95
30	1.62±0.05	58.25±0.02	1373.39±0.08	0.98
40	1.49±0.05	56.5±0.02	1415.93±0.08	1.07
50	1.23±0.05	55.25±0.02	1447.96±0.08	1.28
60	0.87±0.05	54.25±0.02	1474.65±0.08	1.66
70	0.52±0.05	53.75±0.02	1488.37±0.08	2.22
80	0.38±0.05	53.75±0.02	1488.37±0.08	2.56

Value ± combined uncertainty, R^2 >0.997

درجة حرارة 80 °C \| طول مسار الموجة 8 cm \| تردد 8 MHz

نسبة البوليمر إلى المونومير	المطال	زمن الوصول	سرعة الموجة	معامل التخامد
%	Volt	µs	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$
10	1.76±0.05	60.25±0.02	1327.80±0.08	0.89
20	1.66±0.05	58.5±0.02	1367.52±0.08	0.95
30	1.26±0.05	57.25±0.02	1397.4±0.08	1.25
40	0.86±0.05	56±0.02	1428.57±0.08	1.67
50	0.52±0.05	54±0.02	1481.48±0.08	2.21
60	0.27±0.05	53.25±0.02	1502.35±0.08	2.93
70	0.2±0.05	52.25±0.02	1531.10±0.08	3.25
80	0.2±0.05	52.25±0.02	1531.10±0.08	3.25
Value ± combined uncertainty, R^2 >0.996				

يُلاحظ ثبات درجة حرارة المزيج عند 115–114 °C لتبدأ بعد فترة بالارتفاع، وهي اللحظة المناسبة لإيقاف عملية التقطير وإخراج وعاء التفاعل من الحمام وتركه ليبرد. يُظهر الجدولان (2) و (3) القيم الصوتية المقاسة أثناء تقدم تفاعلات البلمرة المختلفة.

الجدول (2): القيم الصوتية المقاسة لتفاعل بلمرة الستايرن عند 60 °C

الزمن	القياسات الصوتية لبلمرة الستايرين عند 60 °C					
	نسبة المبادر وزنًا 0.1%		نسبة المبادر وزنًا 0.5%		نسبة المبادر وزنًا 1%	
دقيقة	سرعة الصوت	التخامد	سرعة الصوت	التخامد	سرعة الصوت	التخامد
	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$
10	1327.80±08	0.67	1361.70±08	0.67	1367.52±08	0.63
20	1327.80±08	0.77	1367.52±08	0.80	1397.38±08	0.88
30	1338.91±08	0.81	1373.39±08	0.92	1428.57±08	1.04
40	1350.21±08	0.85	1391.30±08	1.06	1454.54±08	1.19
50	1361.70±08	0.88	1434.98±08	1.16	1461.18±08	1.19

1.19	1461.18±08	1.18	1447.96±08	0.94	1361.70±08	**60**
1.19	1467.89±08	1.17	1447.96±08	0.97	1373.39±08	**70**
1.18	1467.89±08	1.18	1447.96±08	1.03	1379.30±08	**80**
1.18	1467.89±08	1.18	1447.96±08	1.03	1379.30±08	**90**
1.19	1467.89±08	1.18	1447.96±08	1.03	1379.30±08	**100**
1.19	1467.89±08	1.17	1447.96±08	1.03	1373.39±08	**110**
1.19	1467.89±08	1.17	1451.54±08	1.02	1379.30±08	**120**

3-5-3- قياس نسبة التحول بطريقة الترسيب والوزن:

وفقًا للآلية المتبعة في [15] ، استُخدم 5 gr من مزيج (ستايرين–بوليستايرين) بعد تقطير التولوين وحُلَّ ضمن 25 mL من كلور البنزن النقي عند الدرجة 35 °C ثم بُرّدت العينة إلى 10 °C. وفي نفس الوقت بُردت كمية 300 mL من الإيثانول إلى مادون 10– °C ثم وضعت على خلاط مغناطيسي لتُخلط بشدة مدة 15 دقيقة مع إضافة محلول الترسيب (ستايرين، بولي ستايرين، كلور البنزن) إلى الإيتانول ببطئ باستخدام سحاحة (نقطة سريعة). ولا بد من الإشارة إلى ضرورة المحافظة على برودة الإيثانول أثناء إضافة المحلول بوضعه في حمام من الثلج والماء. تُرك بعد ذلك المزيج ليستقر مدة 30 دقيقة ثم رُشح البوليمر المترسب باستخدام قمع بوخنر. غُسلت الرشاحة عدة مرات بالإيتانول البارد للتخلص من بقايا كلور البنزن ومونومير الستايرن، ثم نُقلت الرشاحة إلى وعاء موزون مسبقًا وجففت ضمن فرن عند حرارة 50 °C حتى تمام الجفاف. وزنت كمية البوليمر الناتج وحددت النسبة المئوية للتحوّل من العلاقة :

$$C = \frac{m_{poly,total}}{m_{sty.init}} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

حيث $m_{poly,total}$ الوزن الكلي للرشاحة، و $m_{sty.init}$ وزن مونومير الستايرين في بداية التفاعل.

قيست بهذه الطريقة نسب التحوّل للتفاعلات البلمرة الثلاث عند 80 °C، وذلك لمقارنتها مع القيم المستمدة من القياسات الصوتية.

الجدول (3): القيم الصوتية المقاسة لتفاعل بلمرة الستايرن عند 80 °C

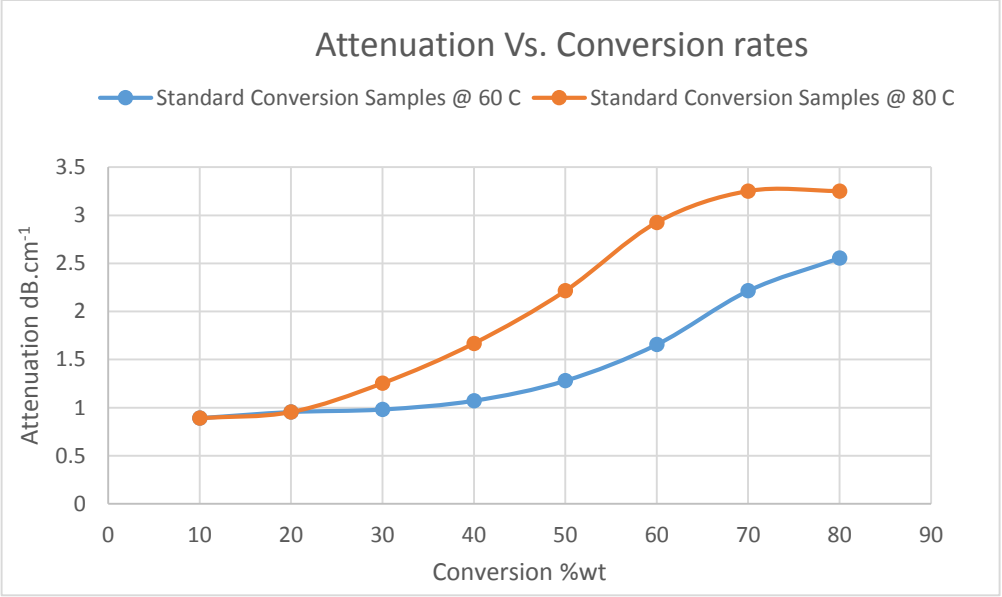
الزمن	القياسات الصوتية لبلمرة الستايرين عند 80 °C					
	نسبة المبادر وزنًا 0.1%		نسبة المبادر وزنًا 0.5%		نسبة المبادر وزنًا 1%	
دقيقة	سرعة الصوت	التخامد	سرعة الصوت	التخامد	سرعة الصوت	التخامد
	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$	$m.s^{-1}$	$dB.cm^{-1}$
10	1361.70±08	0.65	1454.54±08	0.62	1447.96±08	0.63
20	1379.31±08	0.80	1461.19±08	0.85	1461.19±08	0.90
30	1403.51±08	0.88	1467.90±08	1.03	1467.89±08	1.20
40	1422.22±08	1.00	1474.65±08	1.34	1474.65±08	1.58
50	1428.57±08	1.09	1474.65±08	1.50	1474.65±08	1.58
60	1428.57±08	1.10	1481.48±08	1.51	1474.65±08	1.56
70	1428.57±08	1.09	1474.65±08	1.51	1481.48±08	1.60
80	1428.57±08	1.09	1481.48±08	1.52	1474.65±08	1.60
90	1434.98±08	1.09	1481.48±08	1.51	1481.48±08	1.60
100	1428.571	1.09	1481.48	1.51	1481.48	1.60
110	1434.98	1.09	1481.48	1.51	1481.48	1.60
120	1434.98	1.09	1474.65	1.51	1481.48	1.60

4- النتائج ومناقشتها

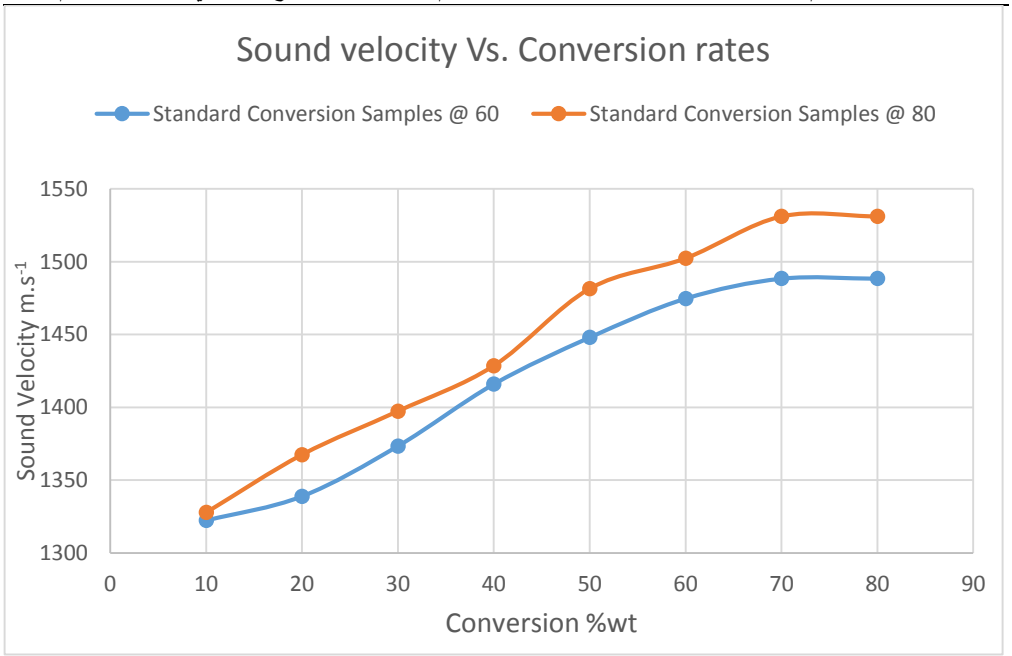
4-1- مناقشة المنحنيات المعيارية لمزيج (ستايرين- بوليستايرين):

ينحل البولي ستايرين في الستايرين بمساعدة التولوين عند درجة حرارة الغرفة أو أعلى بقليل ويتشكل مزيج أعلى لزوجة من الستايرين وتزداد لزوجته مع زيادة كمية البوليمر المنحل. سيؤثر ذلك على الخصائص الصوتية للوسط كما يوضح الشكلين (2) و (3). إذ تزداد سرعة الصوت بارتفاع درجة الحرارة نظرًا لتأثرها على كثافة ولزوجة الوسط. وقد لوحظ من خلال القياسات الصوتية لمختلف مزائج (ستايرين-بوليستايرين) المحضرة ارتفاعًا في سرعة الصوت بمقدار 7.5%-4 عن سرعته في الستايرين النقي وهو تغير واضح وسهل القياس وله دلالة واضحة على تغير التركيب الفيزيائي

للوسط. بالمقابل ارتفعت قيمة معامل التخامد بمقدار 40–88% وهو بدوره معيار دقيق عن التغير الكبير في حالة الوسط. تحاكي هذه المزائج حالة وسط تفاعل البلمرة عند درجة الحرارة المحددة وتعطي خصائص صوتية مماثلة لدرجة تحول محددة من مونومير إلى بولمير أثناء تفاعل البلمرة لنفس المحلول وعند نفس التراكيز ودرجة الحرارة.



الشكل (2): تغير التخامد بتغير تركيز البولي ستايرين المنحل في الستايرين عند 60 ºC



الشكل (3): تغير التخامد بتغير تركيز البولي ستايرين المنحل في الستايرين عند 80 °C

وتستخدم هذه المنحنيات في استدلال نسبة التحول مع الزمن بمعرفة الخصائص الصوتية لوسط التفاعل في لحظة معينة.

4-2- مناقشة البيانات الصوتية لتفاعلات البلمرة:

أجريت تفاعلات بلمرة الستايرين في التولوين بوجود مبادر AIBN عند 60 °C و 80 °C وتراكيز مختلفة للمبادر، ومن المعروف أن التولوين يخفض نسبة التحويل بينما تزيد نسبة المبادر نسبة التحوّل [16]. وللبحث في تأثير المبادر ودرجة الحرارة على الخاصيات الصوتية لوسط التفاعل قيست قيم سرعة الصوت ومعامل التخامد في أوساط تفاعل مختلفة ونسب مبادر إلى مونومير مختلفة.

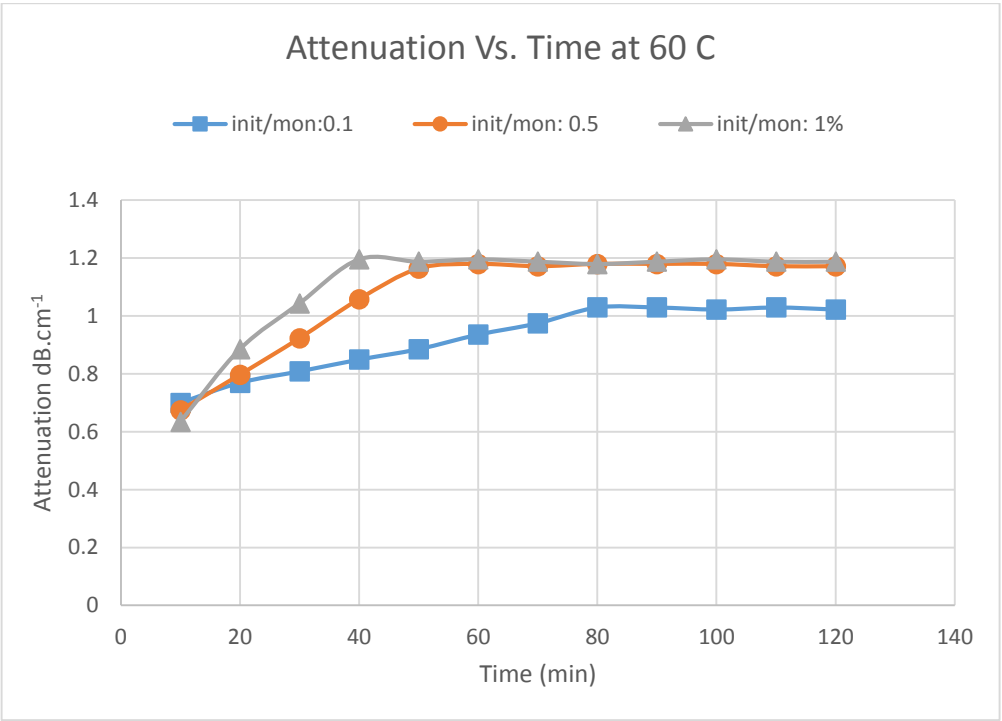
يشير الشكلان (4) و(5) إلى النقاط التالية:

1- يمكن إنهاء التفاعل في أوقات أبكر لثبات الخصائص الصوتية للوسط بعد فترة زمنية معينة.

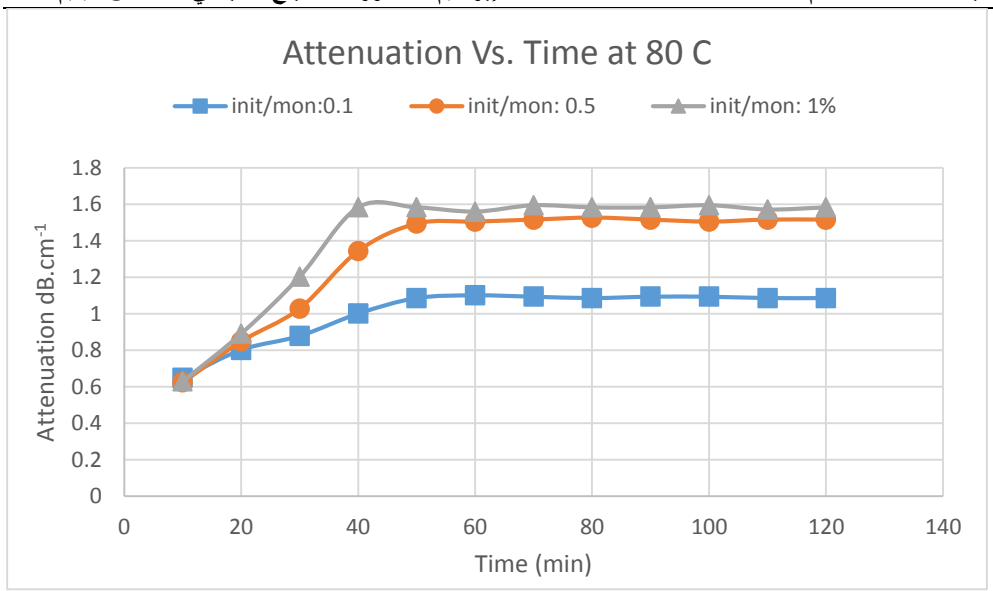
2- يسيطر أثر درجة الحرارة على بدء التفاعل عند ^{0}C 80، بينما يسيطر أثر تركيز المبادر على بدء التفاعل عند ^{0}C 60.

3- تؤدي زيادة تركيز المبادر إلى زيادة واضحة في نسبة التحوّل وصلت وفقًا للقياسات فوق الصوتية إلى 20%.

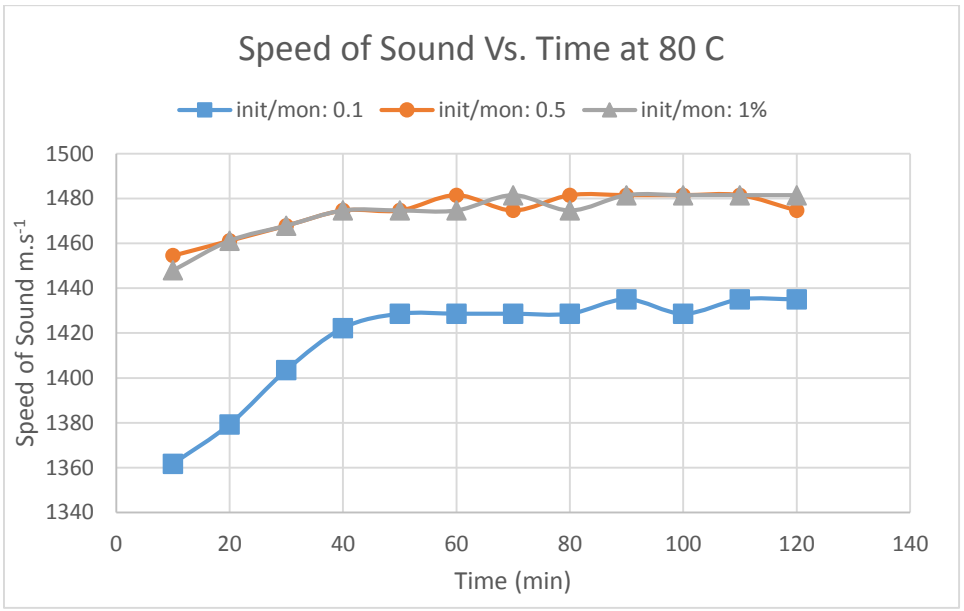
4- تثبت سرعة الصوت بعد فترة زمنية توافق فترة انتهاء التفاعل إلا أنها تتذبذب بعد ذلك (شكل 6). وقد يعود السبب في ذلك إلى انزياح حراري في يؤثر على التردد التصميمي للقرص الكهرضغطي أو تغيرات في توضع السلاسل البولميرية المتشكلة. ويحتاج هذا الأمر إلى تقصي أعمق.



الشكل(4): تغيرات معامل التخامد مع الزمن عند تراكيز مختلفة للمبادر وحرارة ^{0}C 60



الشكل(5): تغيرات معامل التخامد مع الزمن عند تراكيز مختلفة للمبادر وحرارة $80\ ^0C$



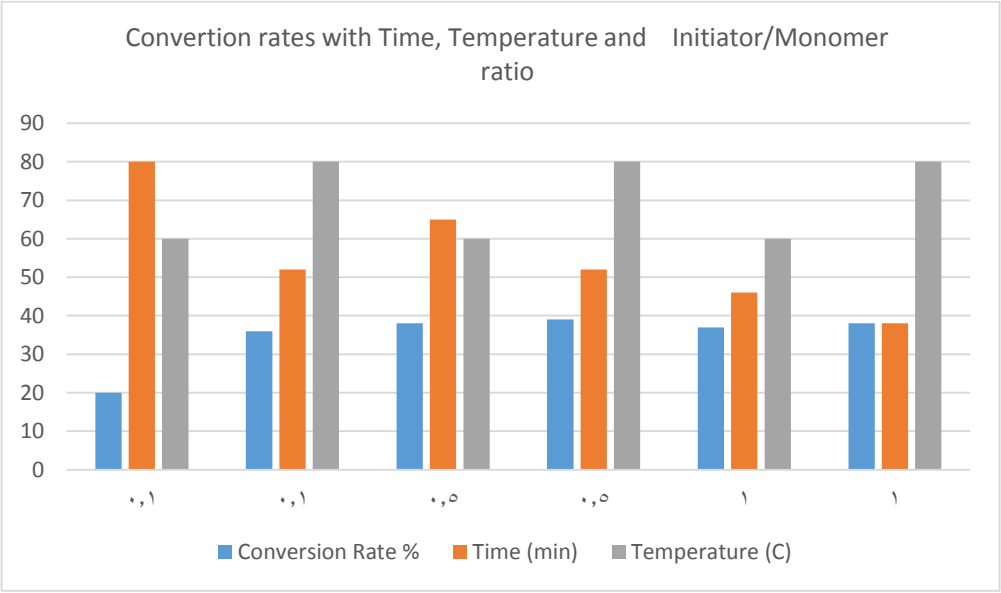
الشكل(6): تغيرات سرعة الصوت مع الزمن عند تراكيز مختلفة للمبادر وحرارة $80\ ^0C$

وبالعودة إلى القياسات الصوتية لسلاسل (بوليستايرين–ستايرين) المعيارية في الجدول (1) وإسقاط القيم الصوتية المقاسة أثناء تفاعلات البلمرة (شكل 7) يمكن استنتاج ما يلي:

1– لم تتجاوز نسبة التحوّل 40% وهي غالبًا أعلى من القيم المقاسة في بعض الأعمال السابقة [16] [17] والتي أشارت إلى نسبة تحول بحدود 28–32% عند استخدام نفس المحل والمبادر ودرجة حرارة 80 °C (مع اختلاف في نسبة المونومير إلى التولوين).

2– لوحظ تأثير متبادل عكسي بين تركيز المبادر ودرجة الحرارة من ناحية ونسبة التحوّل وزمن انتهاء التفاعل الفعلي من ناحية أخرى. فزيادة التركيز المبادر عند حرارة أعلى يقلل زمن التفاعل ولا يؤثر بشكل واضح على نسبة التحوّل، كما تُعطي زيادة درجة الحرارة نفس نسبة التحول عند تركيز أقل للمونومير لكن على حساب زمن انتهاء التفاعل الذي يصبح أطول.

3– نجحت القياسات الصوتية في رصد التغيرات في فيزيائية وسط التفاعل مما سهّلت استدلال بداية ونهاية التفاعل ونسبة التحوّل، وهذا ما يؤهلها أن تكون أداة تحليلية واعدة في مراقبة تفاعلات البلمرة.



شكل (7): تأثير الحرارة وتركيز المبادر على زمن انتهاء التفاعل ونسبة التحول

4-3- تقدير جودة قيم نسبة التحوّل المستخلصة من المعطيات الصوتية:

حُسبت نسبة التحول باستخدام طريقة الترسيب كما هو موضح في الفقرة 3.5.3 ونظّمت النتائج في الجدول (4).

الجدول(4): نسبة التحول مقاسة بتقنية الأمواج فوق الصوتية وتقنية الترسيب

مبادر %	قياسات عملية ترسيب البوليمر المحضر عند 80 °C في مختلف الخطوات					
	$M_{sty,init}$ وزن المونومير	$M_{sty,PS}$ وزن القطارة	M_{sample} وزن العينة	$M_{PS,sample}$ كتلة البوليمر الجاف	$conv_{pre}\%$ نسبة التحول باستخدام الترسيب	$conv_{\alpha}\%$ نسبة التحول باستخدام الأمواج
0.1	100	88	5	1.67	29.36	34.8
0.5	100	91	5	1.87	34.12	38.1
1	100	86	5	1.96	33.73	39.0

لم تُقس كمية البوليمر الناتج عن عملية بلمرة عند الدرجة 60 °C بطريقة الترسيب نظرًا لإمكانية استئناف تفاعل البلمرة عند رفع درجة الحرارة المزيج إلى درجة تبخر التولوين. فقد يؤدي استئناف تفاعل البلمرة إلى نتائج خاطئة لا تلائم شروط التجربة أساسًا، بينما لن يكون هذا التأثير كبيرًا عند رفع الحرارة بدءًا من 80 °C.

تشير النتائج إلى اختلاف في نسب التحوّل المقاسة باستخدام الخصائص الصوتية $conv_{\alpha}\%$ وتلك المقاسة بطريق ترسيب البوليمر الناتج $conv_{pre}\%$. حيث يتراوح الخطأ النسبي استنادًا إلى القيم المقاسة بالترسيب بين 15-18%، بالتالي ستكون دقة القياس باستخدام الأمواج فوق الصوتية في مجال بين 85-88%.

تعود أسباب الاختلاف بين طريقتي القياس إلى عوامل كثيرة منها تصميم منظومة القياس فوق الصوتية وجودة مكوّناتها من ناحية، ودقة إجراء عملية الترسيب من ناحية أخرى.

5- الاستنتاجات والتوصيات

اختبرت في هذا البحث تقنية الأمواج فوق الصوتية لتحديد نسبة تحوّل مونومير الستايرين إلى بوليمر أثناء بلمرة الستايرين في التولوين بوجود مبادر AIBN. حُضّرت لهذه الغاية سلسلة معيارية من محاليل (ستايرين- بوليستايرين) في التولوين بتراكيز محددة تحاكي نسب تحوّل مختلفة ثم قيست قيم سرعة الصوت ومعامل التخامد لهذه العينات عند درجات الحرارة المعتبرة. أجريت بعد ذلك بلمرة عينات من الستايرين بنسبة 1:1 ستايرين/تولوين ونسب مولية مختلفة من المبادر عند درجتي حرارة 60 ^{o}C و 80 ^{o}C على التوالي، وقيست الخصائص الصوتية لوسط التفاعل مباشرة ضمن وعاء الاختبار طيلة فترة الاختبار. قدرت بعد ذلك نسب تحول المونومير إلى بوليمر بمقارنة الخصائص الصوتية لوسط التفاعل مع الخصائص الصوتية للعينات المعيارية. وللتأكد قيست نسب التحول بطريقة الترسيب.

أظهرت الدراسة قدرة تقنية الأمواج فوق الصوتية على تتبع التغيرات في نسب التحول مباشرة أثناء تقدم التفاعل بدقة وصلت إلى 87% نسبة إلى طريقة الترسيب. وبالتالي يمكن اعتبار هذه التقنية تقنيةً واعدة في تتبع التغيرات في أوساط تفاعلات البلمرة واستدلال حركيات التفاعل بطريقة آنية وسريعة وغير تدميرية.

ونظرًا للاختلاف بين القيم المقدرة لنسب التحول بين طريقة الأمواج فوق الصوتية وطريقة الترسيب، لا بد من مقارنة نسب التحول المستنتجة صوتيًا بقيم مقاسة بطرق أكثر وثوقية من طريقة ترسيب البوليمر مثل طريقة الكروموتغرافيا الغازية أو الرنين المغناطيسي H^1 NMR أو بالاعتماد على منحنيات معايرة دقيقة توضح نسب التحوّل في شروط مماثلة.

6- المراجع

[1] Siqueira J.S, Florenzano F.H, Reed W.F (2021), Kinetic analysis of continuous reaction data for RAFT and free radical copolymerization with acrylic and styrenic monomers, Polymer, Vol. 226. 123789.

[2] Vega M.P, Lima E.L, Pinto J.C (2001), In-line monitoring of weight average molecular weight in solution polymerizations using intrinsic viscosity measurements, Polymer, Vol. 42. 3909-3914

[3] Wooseok J, Cedric H, Aimee B, Frederic Z (2015), Real-time monitoring of viscosity changes triggered by chemical reactions using a high-speed imaging method, Sensing and Bio-Sensing Research. Vol. 12.

[4] Frauendorfer E, Wolf A, Hergeth W.D (2010), Polymerization online monitoring, Chem. Eng. Technol, Vol. 33. 1767-1778.

[5] Eijsink L.E, Sardjan A.S, Sinnemaa A.G, den Besten H, van den Berg K.J, Flapperc J, van Gemertb R, Feringa B.L, Browne W.R (2022), In situ EPR and Raman spectroscopy in the curing of bis-methacrylate–styrene resins, RSC Advances, VOL.12 2537.2548.

[6] Mason T. J, Lorimer J. P (2002), The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing, Applied Sonochemistry, Vol. 303

[7] Wu, T.M, Chang, H.L., Lin, Y.W (2009), Synthesis and Characterization of Conductive Polypyrrole with Improved Conductivity and Processability. Polym. Int., Vol. 58.1065–1070

[8] Alkhaddour, I, Tallawy, M, (2013), Electrochemical Synthesis of Poly 3-MethylThiophene in presence of ultrasonic field, Homs University Journal, Vol.35. 12. 181–200. (in Arabic)

[9] Nassif s, Al-Hasson I (2024), Electro polymerization of Poly-O-toluidine and poly 2-nitroaniline Films as a Conductive Layer and thermally stable, Homs University Journal, Vol.46 11. 11–36. (in Arabic)

[10] Samet N, Maréchal P, Duflo H (2012), Ultrasonic characterization of a fluid layer using a broadband transducer, Ultrasonics, Vol. 52. 427–434

[11] Pawelzyk P, Toledo M.L, Willenbacher N (2013), Ultrasonic in-line monitoring of styrene miniemulsion polymerization,Chemical Engineering Journal,Vol. 219. 303–310.

[12] Samet N, Ndiaye E.B, Marechal P, Duflo H (2013), Polymerization monitoring and porosities detection in composites materials during manufacturing, 13th International Symposium on Nondestructive Characterization of Materials (NDCM-XIII), 20–24 May 2013, Le Mans, France.

[13] Houhat N, Devaux, T, Callé, S, Saengdee, L, Gauchet, S. B, Meulen, F. V (2025), Monitoring of polymer viscosity by simultaneous ultrasonic and

rheological measurements at high and varying temperatures, AIP Advances, Vol.15

[14] Arunjunai R.S. Kumar S, Padmakumar A, Kalita U, Samanta S, Baral A, Singha N.K, AshokkumarQiao G.G (2023), Ultrasonics in polymer science: applications and challenge, Progress in Materials Science, Vol. 136. 101113

[15] Xiang-Zheng Kong X-Z (2009), Precipitation Polymerization in Ethanol and Ethanol/Water to Prepare Uniform Microspheres of Poly(TMPTA-styrene), Macromolecular Rapid Communications, Vol. 30. 11. 909-914.

[16] Abiola K.J, Usman M. A, Rasheed O.U (2013), Solvent-initiator compatibility and sensitivity of conversion of styrene homo-polymerization, Journal of Polymer Engineering, vol. 33. 9. 775-783.

[17] de Brouwer, H. (2001). RAFT memorabilia : living radical polymerization in homogenous and heterogeneous media.

فعالية التراكيب الطبيعية والزيوت العطرية في الصناعات التجميلية

د. براءة المنصور: عضو هيئة تدريسية / كلية التجميل – قسم العناية بالبشرة – جامعة الحواش.
د. ميسون عباس: عضو هيئة فنية / قسم الهندسة الغذائية / كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة حمص، عضو هيئة تدريسية / كلية التجميل / قسم العناية الصحية / كلية التجميل –جامعة الحواش.

الملخص:

تناولت هذه الدراسة تقييم فعالية بعض التراكيب التجميلية الطبيعية المعتمدة على استخدام أنواع محددة من الزيوت الثابتة والعطرية المُنتخبة اعتماداً على فوائدها العلاجية، إذ تم تصميم مجموعة تجميلية متنوعة تحتوي على (زبدة الجسم، مقشر، معطرً والكرات الفوارة) ثم اختبارها على عشرة أشخاص يعانون من بعض المشاكل في البشرة، بما في ذلك البشرة الدهنية، الجافة، الحساسة، والمختلطة، لتقييم تأثيرها في معالجة هذه المشاكل، إضافة إلى تقييم تأثير الزيوت العطرية في تقليل التوتر.

عكست النتائج فعالية استخدام زبدة الجسم التي تحتوي على زبدة الشيا كمكون رئيسي في ترطيب الجلد وتحسين مظهره، بالإضافة إلى المقشر بمواده الكاشطة التي كان لها تأثير على تجديد خلايا البشرة، في حين كان لمعطر الجسم دوره في تحسين الرائحة وإعطاء شعور بالانتعاش بمساعدة الكرات الفوارة الأمر الذي انعكس إيجاباً على الصحة النفسية اعتماداً على خصائص الزيوت العطرية المنتخبة.

الكلمات المفتاحية:

مجموعة تجميلية، زيوت عطرية، زبدة الجسم، البشرة

The effectiveness of natural formulations and essential oils in the cosmetic industry

Dr. Baraa Almansour: Faculty member, Faculty of Cosmetology, Department of Skin Care, Al-Hawash University

Dr. Mayson Abbas: Technical member, Department of Food Engineering, Homs University, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering – Homs, Syria, Faculty member, Faculty of Cosmetology, Department of Health Care, Al-Hawash University.

Abstract:

This study aimed to evaluate the effectiveness of some natural cosmetic formulations based on the use of specific types of fixed and aromatic oils selected for their therapeutic benefits. A diverse cosmetic set was designed containing (Body butter, Scrub, Splash and Bath bomb) and then tested on ten people suffering from certain skin problems, including oily, dry, sensitive, and combination skin, to evaluate its effect in treating these problems, in addition to evaluate the effect of essential oils in reducing stress.

The results demonstrated the effectiveness of using body butter -containing shea butter as a main ingredient- in moisturizing the skin and improving its appearance, in addition to the scrub with its abrasive materials that had an effect on skin cell renewal, while the body splash improve the scent and give a feeling of freshness side by side with bath bomb , which was positively reflected on psychological health based on the properties of the selected essential oils.

Keywords:

Cosmetic set, Essential oils, Body butter, Skin.

المقدمة والدراسة المرجعية

ازداد الاهتمام بالمنتجات الطبيعية في العقود الأخيرة في العديد من المجالات، لا سيما في الصناعات التجميلية والدوائية نتيجة لتزايد الوعي حول الآثار الجانبية للمركبات الاصطناعية.

تبرز الزيوت العطرية والمستخلصات النباتية كمكونات رئيسية في التراكيب الطبيعية، لما لها من خصائص علاجية، مضادة للميكروبات، ومهدئة. ويعود أصل استخدامها إلى الحضارات القديمة مثل الفراعنة واليونانيين، إذ اعتُمدت الزيوت الأساسية كوسيلة للعلاج والتجميل معاً.[1]

وفيما يخص تأثير الزيوت العطرية أظهرت الدراسات الحديثة أن الزيوت العطرية تلعب دوراً واعداً كمضادات للميكروبات والفيروسات وحتى بعض أنواع السرطانات، إضافة إلى دور العلاج بالروائح في تقوية المناعة النفسية والسيطرة على تداعيات التوتر والقلق، الأمر الذي يُعزى إلى التركيب الكيمائي للزيت العطري وتأثيره على الدماغ وإفراز بعض الهرمونات.[2]

ينطلق هذا البحث من امتلاك التراكيب الطبيعية والزيوت العطرية قدرة هائلة على التأثير في مجالات متعددة من التجميل والطب. ومع تنامي الوعي العام حول المواد الآمنة والمستدامة، تتجه البحوث الحالية نحو دمج هذه الزيوت في نظم توصيل فعالة تعزز امتصاصها وتحافظ على ثباتها.إذ إن استثمار هذه الكنوز النباتية يتطلب مقاربة علمية دقيقة تُوازن بين الفعالية والموثوقية وسلامة الاستخدام.

كما يتضمن شرح تفصيلي لمكونات كل منتج موجود في المجموعة التجميلية، وإلقاء الضوء على أهميته سواء كانت التجميلية منها أو العلاجية بالاعتماد على الدراسات السابقة السريرية منها والمرجعية مع الأخذ بعين الاعتبار التحديات العلمية والآفاق المستقبلية.

سوف نستعرض بعض الدراسات السريرية لبعض المنتجات التجميلية التي سوف نستخدمها:

1. زبدة الجسم "Body Butter":

الدراسات السريرية الخاصة باستخدام زبدة الجسم:

دراسة 1: تقييم تأثير زبدة الجسم الطبيعية على ترطيب ومرونة الجلد

تم تطبيق زبدة الجسم الطبيعية (زبدة شيا + زيت جوز الهند + زيت اللوز) في هذه الدراسة مرتين يومياً لمدة 3 أسابيع على عينة مكونة من 60 امرأة (تتراوح أعمارهن من 20–50 سنة)،وكان هناك زيادة ترطيب الجلد بنسبة 42% وتحسّن بمرونة الجلد بنسبة 33%، وأظهر 91% من المشاركات رضا عن الملمس والإشراق بعد الاستخدام.[3]

دراسة 2: تقييم تحمّل البشرة الحساسة لتركيبة زبدة الجسم المحتوية على زبدة الكاكاو

تم استخدام في هذه الدراسة (زبدة كاكاو + فيتامين E + زيت لوز) مرة واحدة يومياً لمدة 14 يوماً على عينة مكونة من 45 امرأة ذوات بشرة حساسة، وكان هناك انخفاض في الشعور بالحكة بنسبة 29% وتحسّن نعومة البشرة السطحية لدى 80% من المشاركات.[3]

2. مقشر الجسم "Body Scrub":

الدراسات السريرية الخاصة باستخدام مقشّر الجسم:

دراسة 1: تأثير التقشير بمقشر الجسم على ترطيب ونعومة البشرة

حيث تم استخدام مقشر طبيعي (سكر + زيت لوز + لافندر) مرتين أسبوعيًا لمدة 4 أسابيع على عينة مكونة من 60 امرأة تتراوح أعمارهن من (18–45 عاماً). وأشارت النتائج إلى زيادة ترطيب في الجلد بنسبة 38%، وانخفاض في خشونة البشرة بنسبة 31%، الأمر الذي حقق نسبة في رضا 89% من المشاركين عن نعومة الجلد.[4]

دراسة 2: مقارنة بين أنواع الحبيبات الكاشطة وتأثيرها على البشرة الحساسة

في مقارنة لتأثير أنواع الحبيبات الكاشطة، تمت هذه الدراسة على عينة مكونة من 40 امرأة ذوات بشرة حساسة، وكان السكر ألطف من الملح بنسبة تهيّج أقل 42%، في حين أن الحبيبات الكبيرة غير المنتظمة (مثل بذور المشمش) تسببت بتهيج في 15% من الحالات.[5]

3. معطّر الجسم (Body Splash):

الدراسات السريرية الخاصة باستخدام معطّر الجسم:

دراسة 1: العطور وتأثيرها على الحالة النفسية

تبين في هذه الدراسة أن الزيوت العطرية الخاصة ب (اللافندر والبرغموت) المستخدمة في Body Splash تحسّن المزاج، وتقلل مستويات الكورتيزول بنسبة تصل إلى 27% بعد 20 دقيقة من الاستخدام.[2]

دراسة 2: تأثير Body Splash على ترطيب الجلد

تبين في هذه التجربة أن استخدام معطر الجسم "سبلاش" الذي يحتوي على جلسرين 2% أظهر زيادة في ترطيب البشرة بنسبة 18% بعد 30 دقيقة من التطبيق.[6]

4. الكرات الفوارة:Bath Bombs

الدراسات السريرية الخاصة باستخدام الكرات الفوّارة:

دراسة 1: تأثير الاستحمام المعزز بالزيوت العطرية على القلق

تمت دراسة على 40 امرأة تتراوح أعمارهن بين 25 و45 عاماً، عانين من أعراض القلق الخفيف. استخدمت لتخفيف القلق كرات فوارة تحتوي على زيوت لافندر وياسمين لمدة 15 دقيقة يومياً، لمدة أسبوعين، وكان نتيجة لذلك انخفاض كبير في مقياس "State–Trait Anxiety Inventory" (STAI) وتحسن في نوعية النوم، هذا ووصفت المشاركات شعوراً بالاسترخاء وتحسن المزاج.[7]

دراسة 2: تجربة شعورية عند استخدام كرات فوارة ملونة ومعطرة

أجريت تجربة على 60 شخصاً (ذكور وإناث)، خضعوا لاستحمام باستخدام كرات فوارة تحتوي على ألوان زاهية (مثل الأزرق البنفسجي) وزيوت الحمضيات. 82% •من المشاركين أفادوا بأن التجربة أعادت لهم الطاقة النفسية. حيث تم تفعيل مناطق المتعة في الدماغ (ventral striatum) حسب تحليل fMRI في بعض المشاركين.[8]

هدف البحث:

هدف البحث تصميم مجموعة تجميلية تتضمن بعض المنتجات التي تحمل أهمية علاجية أيضاً بسبب خصائص المكونات الداخلة في تركيبها، وفيما يلي توضيح دقيق لكل منها حيث يتضمن المواد الفعالة الرئيسية، وآلية العمل والتأثير، توصيف للفوائد الجلدية والنفسية مدعومة بأبحاث سريرية.

مواد وطرائق البحث:

1-تحضير زبدة الجسم:

زبدة الجسم هي منتج تجميلي موضعي يستند إلى مكونات دهنية طبيعية، مثل الزبدة النباتية والزيوت الأساسية، تتكون زبدة الجسم الطبيعية من (زبدة الشيا+زيت جوز الهند +زيت اللوز) ،وتُستخدم زبدة الجسم على نطاق واسع كعلاج جلدي طبيعي لتحسين ترطيب البشرة ودعم وظيفة الحاجز الجلدي.

تعد زبدة الشيا من أهم المكونات الفعالة الداخلة في تركيب زبدة الجسم، حيث يحتوي تركيبها الكيميائي على 40–60% حمض الأوليك (C18:1)، 20–50% حمض الستيريك (C18:0)،إضافة إلى غناها بفيتامي E,A . [9]

ومن أهم خصائصها البيولوجية أنها مضادة للالتهاب، حيث توجد المكونات الكيميائية النباتية المسؤولة عن الخصائص المضادة للالتهابات على شكل ترايتيربينويدات. هذا ويتمتع كل من ترايتيربينويد ألفا–أميرين وبيتا–أميرين بهذه الخصائص [10].

كما تعمل كمضادة للأكسدة، ويعود تأثير ذلك لوجود مكونات مختلفة مثل حمض التريتربين، وجليكوسيد التريتربين، وجليكوسيدات الستيرويد، ومركبات فينولية أخرى، كمكونات فعالة[11] ، إضافة لأنها تعد محفزة لتجدد الخلايا الكيراتينية.[12]

وتأتي بعدها في الأهمية زبدة الكاكاو الغنية بحمض البالمتيك (C16:0)،حمض الستيريك، والثيوبرومين حيث تعمل على تحسين مرونة الجلد وتثبيط نشاط الإنزيمات المهينة للكولاجين[13] . ومن المثير للاهتمام أن فيتامين E (بيتا توكوفيرول، وألفا توكوفيرول، وجاما توكوفيرول)، الذي يعمل كمضاد للأكسدة، موجود أيضًا في زبدة الكاكاو[14] . بوجود هذه المكونات، يُظهر زبدة الكاكاو CB إمكانات واعدة كعامل مانع لتسرب الماء، مما يقلل من فقدان الماء من الجلد.

ويعد زيت جوز الهند من أهم الزيوت النباتية الداخلة في التركيب، حيث يشكل حمض اللوريك (C12:0, Lauric acid) نحو 45–53% منه، وحمض الميريستيك (Myristic acid، C14:0): حوالي 16–21%. هذا ويوجد نوعان من زيت جوز الهند: زيت جوز الهند البكر وزيت جوز الهند المكرر. ويُستخدم عادةً كمرطب لعلاج العديد من الأمراض الجلدية [15]، كما يعتبر مضاد التهاب، مضاد أكسدة، مفيد لصحة الجلد والشعر [16].

أما من حيث الشموع فيُستخدم شمع العسل التي تفرزه غدد خاصة في بطون الشغالات من خلية النحل الذي يتكون من مزيج من:

• **الاسترات Esters** : حوالي 70–75%، أهمها الميثيل والبالميتيل المرتبطان بالكحولات الدهنية.

• **الأحماض الدهنية الحرة Free fatty acids** : مثل حمض البالميتيك (Palmitic acid) وبذلك يكون مضاد للأكسدة، مرمم ومهدئ للبشرة، عازل طبيعي.[17]

أولاً: وزن المكونات بدقة حسب النسب المحددة (كنموذج تطبيقي):

جدول (1) المكونات الداخلة في تركيب زبدة الجسم

المادة	الوظيفة الرئيسية	الكمية
زبدة الشيا	ترطيب عميق، مضاد للالتهاب	50 غ
زيت جوز الهند	تغذية الجلد، مضاد للبكتيريا والفيروسات	30 مل
الغليسرين	منع فقدان الماء، تعزيز فعالية المكونات	3 غ
شمع العسل	تثبيت القوام، إطالة بقاء المستحضر على الجلد	10 غ
كبسولات فيتامين E	مضاد أكسدة، تحسين ثبات التركيبة	كبسولتان
زيت عطري	تأثير مهدئ نفسي وجلدي، تعطير	1 غرام

ثانياً: الدمج الأولي للمكونات الدهنية ضمن حمام مائي بدرجة حرارة ثابتة 70 درجة مئوية حتى الذوبان والامتزاج.

ثالثاً: تبريد المنتج ثم إضافة الزيت العطري برائحة التوت البري وفيتامين E مع الخفق المستمر لنحصل على قوام كريمي تليها التعبئة.









صورة (1) مراحل صنع زبدة الجسم تم تنفيذ خطوات التحضير في مخبر التركيبات التجميلية ضمن كلية التجميل في جامعة الحواش الخاصة

2-تحضير مقشر الجسم:

يُستخدم مقشر الجسم كمنتج موضعي يساعد في إزالة الخلايا الميتة من سطح البشرة، وتحفيز الدورة الدموية الدقيقة، وتسهيل امتصاص المرطبات، ويتضمن مكونات كاشطة طبيعية أو صناعية مع وسط زيتي أو مائي.

هذا ويتكون الوسط الحامل إما من زيوت نباتية مثل زيت جوز الهند، زيت الأرغان، زيت الزيتون للترطيب وتعزيز امتصاص المكونات، ومن الماء/الجلسرين: في التركيبات ذات القاعدة المائية.

أما المواد الفعالة فتتكون من زيوت عطرية قد تكون مهدئة (لافندر)، منشّطة (نعناع، ليمون)، مضادات أكسدة مثل فيتامين E ومضادات التهابات مثل خلاصة البابونج أو الألوفيرا.

أنواع المواد المقشرة:



أولاً: وزن المكونات بدقة حسب النسب المحددة(كنموذج تطبيقي):

جدول (2) المكونات الداخلة في تركيب مقشر الجسم

المادة	الوظيفة الرئيسية	الكمية
زبدة الشيا	ترطيب عميق، مضاد للالتهاب	50 غ
زيت جوز الهند	تغذية الجلد، مضاد للبكتيريا والفيروسات	50 مل
الغليسرين	منع فقدان الماء، تعزيز فعالية المكونات	3 غ
شمع العسل	تثبيت القوام، إطالة بقاء المستحضر على الجلد	10 غ
كبسولات فيتامين E	مضاد أكسدة، تحسين ثبات التركيبة	كبسولتان
زيت عطري	تأثير مهدئ نفسي وجلدي، تعطير	1 غرام
سكر بني	مادة كاشطة، تجديد الخلايا	40 غرام

ثانياً: الدمج الأولي للمكونات الدهنية ضمن حمام مائي بدرجة حرارة ثابتة 70 درجة مئوية حتى الذوبان والامتزاج.

ثالثا: تبريد المنتج ثم إضافة الزيت التوت البري وفيتامين E مع الخفق المستمر لنحصل على قوام كريمي ثم إضافة السكر البني والمزج جيداً واخيراً التعبئة.



صورة (2) مراحل صنع مقشر الجسم في مخبر التركيبات التجميلية ضمن كلية التجميل في جامعة الحواش الخاصة

3-تحضير سبلاش الجسم:

من مستحضرات التجميل العطرية الخفيفة التي تستخدم لتعطير الجسم وترطيبه في آنٍ واحد ويختلف في تركيبته عن العطور التقليدية بتركيز أقل للكحول والزيوت العطرية.

هذا ويُعتبر الماء المقطر (Aqua) الأساس الذي يذوب فيه كل شيء ويمكن إضافة خلاصات مائية، في حين يُشكل الكحول الإيثيلي (Ethanol) المذيب للزيوت العطرية ومانع للميكروبات، أما الزيوت العطرية

(Essential Oils / Fragrance Oils) فتعتبر مصدر الرائحة، وتستخدم المادة المرطبة مثل الجلسرين (Glycerin) أو Panthenolو مستحلبات ومثبتات مثل Polysorbate 20 لتوزيع الزيوت في الماء.

الفرق بين السبلاش والعطور الأخرى:

الصنف	تركيز الزيت العطري	نسبة الكحول
Perfume	20-30%	60-90%
Eau de toilette	5-15%	70-90%
Body mist/Splash	1-3%	10-30%

اولاً: وزن المكونات بدقة حسب النسب المحددة (كنموذج تطبيقي):

جدول (3) المكونات الداخلة في تركيب معطر الجسم

المادة	الوظيفة الرئيسية	الكمية
ماء مقطر	تخفيف الزيوت العطرية والكحول، مما يساهم في تحقيق توازن الرائحة وثباتها لفترة أطول	50 مل
كحول	مذيب للزيوت العطرية، ويساعد على توزيعها بشكل متساوٍ على البشرة، ويساهم في تبخر العطر ونشر رائحته	30 مل
الغليسرين	منع فقدان الماء، تعزيز فعالية المكونات	3 غ
توين 20	عامل استحلاب لخلط المكونات المائية والزيتية معاً، مما يساعد على تكوين مستحضرات ذات قوام متجانس	10 غ

كريموفور	عامل استحلاب تذويب الزيت مع الماء	10غ
كبسولات فيتامين E	مضاد أكسدة، تحسين ثبات التركيبة	كبسولتان
زيت عطري	تأثير مهدئ نفسي وجلدي، تعطير	10 غرام

ثانياً: إضافة التوين مع الكريموفور وزيت الحمضيات مع التحريك المستمر لمدة خمس دقائق.

ثالثاً: إضافة الماء المقطر مع الكحول والغليسيرين والمادة الحافظة وذلك مع التحريك جيداً ثم التعبئة.









صورة (3) مراحل صنع معطر الجسم في مخبر التركيبات التجميلية ضمن كلية التجميل في جامعة الحواش الخاصة

4-تصنيع الكرات الفوارة:

منتجات تجميلية تُستخدم أثناء الاستحمام وتُعرف بتفاعلها الفوّار عند ملامسة الماء، حيث تطلق روائح عطرية وزيوتاً مغذية. اكتسبت هذه المنتجات شهرة واسعة في السنوات الأخيرة نظرًا لطابعها الترفيهي وتأثيرها المهدئ، بالإضافة إلى كونها وسيلة لنقل المكونات النشطة إلى الجلد.[18]

تتكوّن الكرات الفوّارة بشكل أساسي من بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) التي تشكل قاعدة ضعيفة مسؤولة عن التفاعل الفوّار، وحمض الستريك ($C_6H_8O_7$) الذي يعتبر حمض عضوي ضعيف يتفاعل مع البيكربونات لإنتاج ثاني أكسيد الكربون، إضافة إلى الزيوت العطرية (Essential oils) مثل زيت اللافندر أو النعناع أو الورد، الذي يستخدم لإضفاء الرائحة إضافة لبعض الملونات الطبيعية أو الاصطناعية التي تعطي لون جذاب للماء وبعض الزيوت النباتية أو الزبدة (مثل زيت جوز الهند أو زبدة الشيا) لدورها في ترطيب البشرة، ثم بعض المواد الرابطة (Binders) مثل توين 80 والكريموفور التي تشكل وسطاً يربط الزيت مع الماء.[18]

آلية العمل الكيميائي:

عند وضع الكرة الفوارة في الماء، يحدث تفاعل حمض . قاعدة بين حمض الستريك وبيكربونات الصوديوم. هذا التفاعل يُطلق غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يُحدث الفوران المميز:

$\{NaHCO_3\} + \{C_6H_8O_7\} \text{ --> } \{Na^+\} + \backslash\{C_6H_7O_7^-\} + \{H_2O\} + \{CO_2\}$ ✓

يؤدي الفوران إلى تفكك الكرة وتحرير المكونات العطرية والمرطبة في الماء، ما يُعزز تجربة الاستحمام ويمنح فوائد للبشرة

اولاً: وزن المكونات بدقة حسب النسب المحددة

جدول (4) المكونات الداخلة في تركيب الكرات الفوارة

المادة	الوظيفة الرئيسية	الكمية
بيكربونات الصوديوم	يمنح الكرات الفوارة (باث بومب) خاصية الفوران	100 غرام
حمض الليمون	يساهم في إحداث التفاعل الكيميائي الذي يسبب الفوران. كما أنه يعمل على تنعيم البشرة وترطيبها	50 غرام
نشاء الذرة	كحشو وتبطيء من تفاعل الفوران	10 غ
توين 20	عامل استحلاب لخلط المكونات المائية والزيتية معاً، مما يساعد على تكوين مستحضرات ذات قوام متجانس	10 غ
ملون زيتي	إعطاء اللون للكرات	نقطتين
زيت عطري	تأثير مهدئ نفسي وجلدي، تعطير	5 غرام

ثانياً: مزج المكونات الجافة ثم إضافة التوين مع التحريك جيداً.

ثالثاً: تشكيل الكرات ضمن قوالب خاصة.



صورة (4) مراحل صنع الكرات الفوارة في مخبر التركيبات التجميلية ضمن كلية التجميل في جامعة الحواش الخاصة

القسم العملي:

تم تنفيذ هذه الدراسة على عينة مكونة من 10 فرداً ومن شروط الاختيار عدم وجود أمراض جلدية مزمنة أو تحسس من أحد المكونات الفعالة. حيث تم توزيع المجموعة التجميلية التي تحتوي على (زبدة الجسم، المقشر، معطر الجسم، الكرات الفوارة)، ومن ثم إدخال البيانات في جدول بيانات (Excel)، من أجل حساب المتوسطات والنسب المئوية للتحسن بعد تطبيق المنتجات.

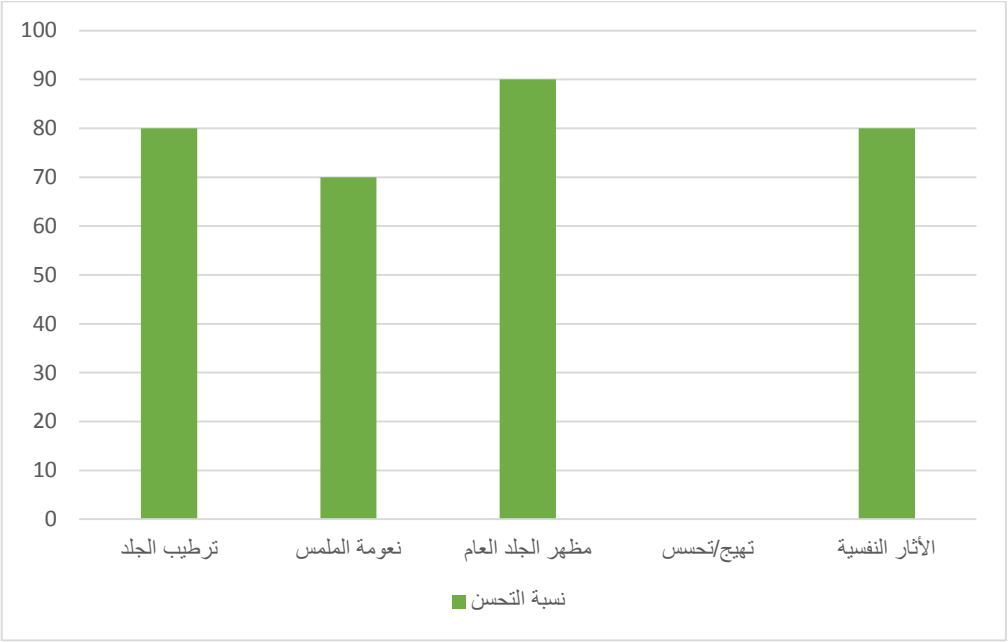
النتائج:

- مثل ماذكرنا سابقاً أنه تم دراسة تأثير منتجات المجموعة التجميلية على 10 أشخاص أعمارهم بين 18–45، مدة التجربة: 4 أسابيع ومن شروط الاختيار عدم وجود أمراض جلدية مزمنة أو تحسس من أحد المكونات الفعالة وكانت النتائج كما هومبين في الجداول اللاحقة:

-

جدول (5) نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام زبدة الجسم

المعيار	نسبة التحسن
ترطيب الجلد	80% من المشاركين لاحظوا تحسن واضح بترطيب البشرة
نعومة الملمس	70% من المشاركين أصبحت بشرتهم أنعم بعد الأسبوع الثاني من الإستخدام
مظهر الجلد العام	90% لاحظوا تحسن بمظهر الجلد
تهيج/تحسس	0%
الأثار النفسية	80% من المشاركين تأثير إيجابي على النوم عند الاستخدام الليلي



المخطط البياني (1)

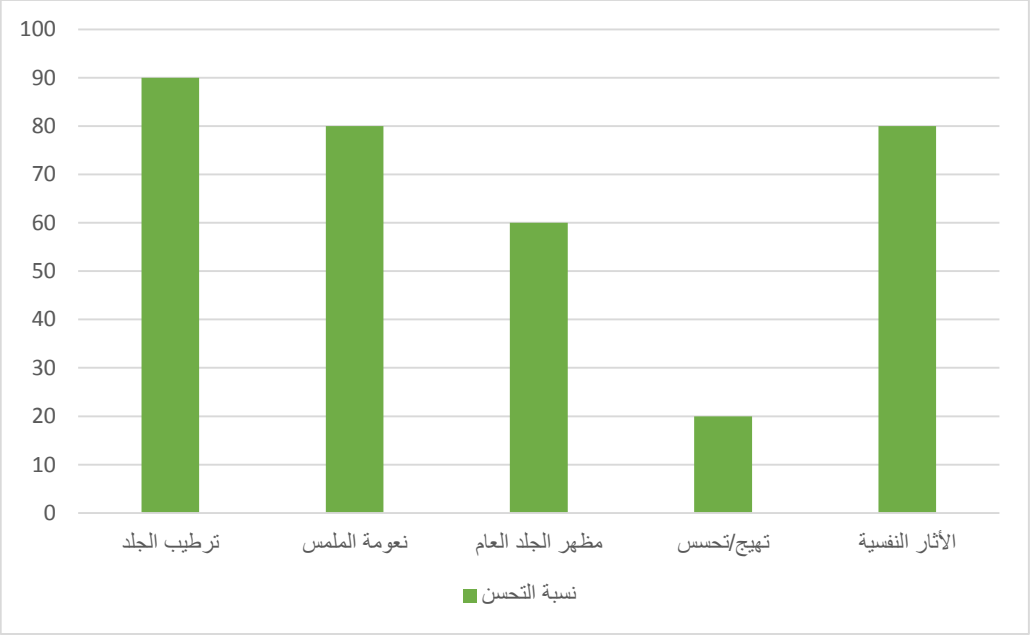
نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام زبدة الجسم



صورة (5) نتائج استخدام زبدة الجسم

جدول (6) نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام مقشر الجسم

المعيار	نسبة التحسن
ترطيب الجلد	90% من المشاركين لاحظوا تحسن واضح بترطيب البشرة
نعومة الملمس	80% من المشاركين أصبحت بشرتهم أنعم بعد الأسبوع الثاني من الاستخدام خاصة في الركب والأكواع
مظهر الجلد العام	60% تخلصوا من جلد الإوزة بعد الأسبوع الثالث
تهيج/تحسس	20% عانوا من احمرار نتيجة اختيار المشقر الخاطئ
الأثار النفسية	80% لاحظوا ارتياح عام بعد دمج المقشر في روتينهم الأسبوعي



المخطط البياني (2)

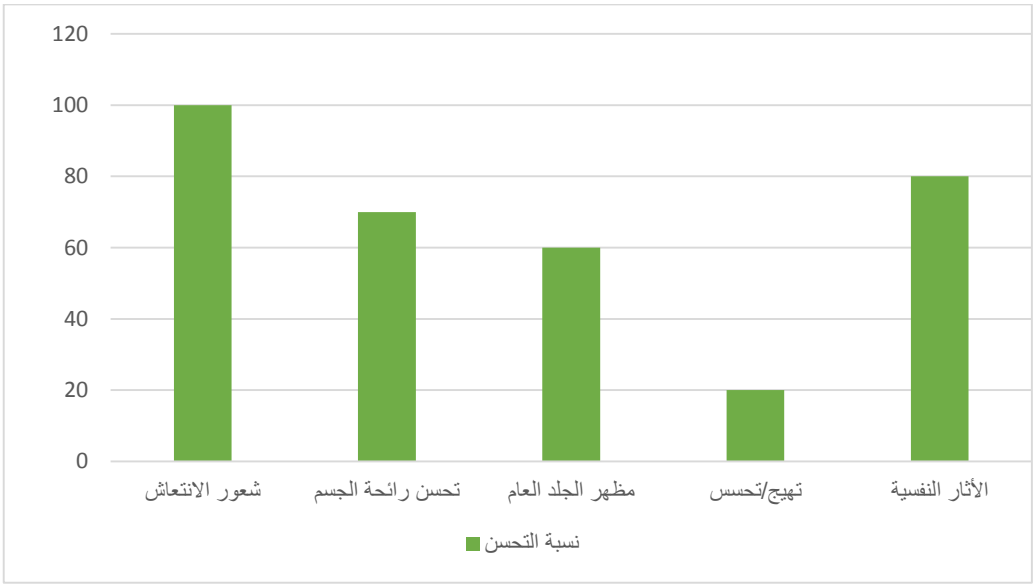
نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام مقشر الجسم



صورة (6) نتائج استخدام مقشر الجسم

جدول (7) نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام معطر الجسم

المعيار	نسبة التحسن
شعور الانتعاش	100% شعروا بانتعاش واضح خلال أول دقيقة
تحسن رائحة الجسم	70% لاحظوا بقاء عطر ناعم لمدة 4 ساعات
تأثير ترطيب خفيف	60% شعروا بإن السبلاش لا يسبب جفاف
تهيج/تحسس	20% شعروا بوخز خفيف أول مرة
الأثار النفسية	80% لاحظوا شعور بالطاقة والنشاط أثناء الصباح

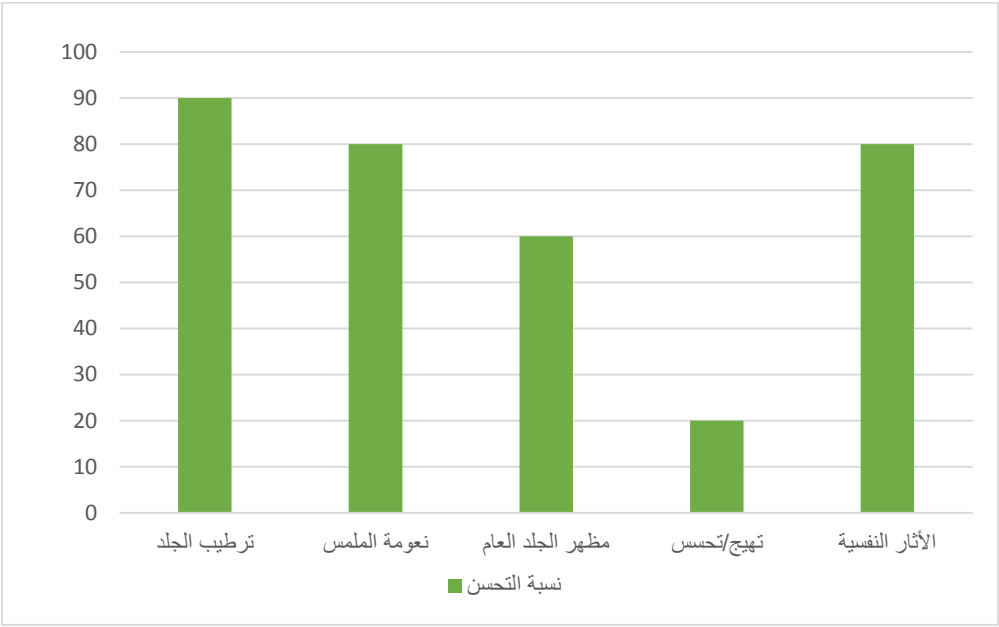


المخطط البياني (3)

نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام معطر الجسم

جدول (8)) نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام الكرات الفوارة

المعيار	نسبة التحسن
ترطيب الجلد	70% من المشاركين لاحظوا تحسن واضح بترطيب البشرة بعد الاستخدام الأول
نعومة الملمس	80% من المشاركين أصبحت بشرتهم أنعم
مظهر الجلد العام	60% بشرتهم أصبحت أكثر نضارة
تهيج/تحسس	20% عانوا من حالة احمرار خفيف زال بعد ساعتين
الأثار النفسية	80% تأثير عطري مهدئ مشابه للعلاج بالعطور



المخطط البياني (4)

نسبة التحسن في بعض المعايير المرتبطة بالصحة الجلدية والنفسية نتيجة لاستخدام الكرات الفوارة

مناقشة النتائج:

بالنسبة لزبدة الجسم فإن زبدة الشيا منحت المنتج خاصية الترطيب، وذلك لانها غنية بالأحماض الدهنية، بما في ذلك حمض الأوليك وحمض الستياريك وحمض اللينوليك. حيث توفر زبدة الشيا ترطيبًا عميقًا وتساعد على إصلاح حاجز البشرة الطبيعي، مستفيدةً من خصائصها المرطبة ومنع الجفاف. كما أنها تتمتع بخصائص مُلطفة تجعلها فعالة في تهدئة البشرة الجافة والخشنة والمتشققة، وتخفيف حالات مثل الأكزيما والصدفية والتهاب الجلد [19] ،حيث يؤدي تحسين ترطيب الجلد إلى تعزيز مرونته، وتماسكه، ومظهره العام.

إلى جانب زيت التوت البري الذي يمتلك خواص معززة للترطيب الطبيعي بفضل تركيبته الفريدة التي تحتوي العديد من الأحماض الدهنية [20] , ورائحته اللطيفة التي كان لها دور في تحفيز الجهاز العصبي الحسي وتعميق مشاعر الهدوء بحسب. [21]

هذا و تعتمد آلية تأثير الروائح على الجهاز العصبي على الدور الأساسي الذي تلعبه حاسة الشم(Olfactory System) في إدراك الروائح ونقلها إلى الدماغ. فعند استنشاق الروائح العطرية، تدخل الجزيئات الطيّارة إلى التجويف الأنفي حيث ترتبط بمستقبلات الشم (Olfactory Receptors) الموجودة في الغشاء المخاطي للأنف. تقوم هذه المستقبلات بتحويل الإشارة الكيميائية الناتجة عن ارتباط الجزيئات العطرية إلى إشارا ت عصبية تنتقل عبر العصب الشمي إلى البصلة الشمية(Olfactory Bulb)

بعد ذلك تنتقل هذه الإشارات العصبية إلى مناطق مختلفة من الدماغ، أهمها الجهاز العاطفي (LimbicSystem)، وهو الجزء المسؤول عن تنظيم العواطف والذاكرة والاستجابات السلوكية. ويشمل الجهاز العاطفي عدة تراكيب عصبية مثل اللوزة الدماغية (Amygdala) والحُصين(Hippocampus)، واللتين تلعبان دو ا رً مهماً في معالجة المشاعر والذكريات [22]

في حين أن التأثير المزدوج للمقشر (تقشير + تغذية) ساعد على تحسين مظهر البشرة وأعطى شعوراً فورياً بالانتعاش والرضا بالتوازي مع نتائج[23].

هذا و يُخفف زيت البرغموت العطري من التوتر والقلق، ويُحسّن المزاج عن طريق تحفيز الاسترخاء. كما يُقلل استنشاقه من المؤشرات الفسيولوجية للتوتر، بما في ذلك مستويات الكورتيزول وضغط الدم

ومعدل ضربات القلب، بينما يُحفز إفراز السيروتونين والدوبامين. ويُستخدم بكثرة في العلاج بالروائح العطرية لتأثيراته المهدئة على الجهاز العصبي اللاإرادي[24]

إن الرائحة الحمضية المستخدمة في المعطر أدت إلى لتحسين الطاقة والرائحة ساعدت على فصل المزاج عن الضغط وخلق طقس عناية شخصي الأمر الذي يتفق مع[25].

هذا وقد منحت الكرات الفوارة ترطيباً وتحسناً في مظهر البشرة بفضل مكوناتها الزيتية التي تغذّي الجلد أما تحسّن المزاج فنتج عن التأثير العطري الدافئ للفانيلا والكاكاو، اللذين يحفزان هرمونات الراحة والسعادة في الدماغ.[26]

تشير الأبحاث إلى أن كلا من الفانيليا والكاكاو يمتلكان خصائص عطرية يمكن أن تقلل من التوتر، وتعزز الاسترخاء، وتحسن المزاج. تُعرف رائحة الفانيليا على نطاق واسع بتأثيرها المهدئ والمهدئ، بينما ثبت أن بوليفينول الكاكاو يخفض هرمونات التوتر ويحسن الوظيفة الإدراكية تحت الضغط.

حيث تشير الدراسة من قبل([27] إلى أن الفانيليا يمكن أن تقلل من قلق المريض بنسبة تصل إلى 63% في البيئات عالية التوتر، بينما يحسن الكاكاو التأثير الإيجابي ويقلل التوتر.

الاستنتاجات:

لقد سلّط هذا المشروع الضوء على الإمكانات الهائلة التي تختزنها المواد الطبيعية في مجالات العناية بالبشرة، التجميل، وحتى التوازن النفسي، ومن خلال التعمق في الخواص الكيميائية، والتأثيرات الجلدية والنفسية، والتجارب التطبيقية، اتّضح أن هذه التركيبات لا تؤدي فقط إلى تحسين المظهر الخارجي، بل تمتد آثارها لتلامس الصحة النفسية.

إن العودة إلى الطبيعة ليست ترفاً، بل هي خيار علمي مدروس، وأسلوب حياة يعيد التوازن بين الإنسان وجسده، بين الحواس والهدوء، بين العناية والمحبّة.

التوصيات:

1. توسيع العينة المدروسة.
2. دراسة التأثيرات طويلة المدى على الجلد.
3. تعزيز التعاون بين كليات الصيدلة والتجميل لتصميم مستحضرات قائمة على العلاج الطبيعي مدعومة بأدلة سريرية.

المراجع:

1-Chadi, K. (2024). Aromatherapy: Historical, phytochemical insights and therapeutic applications. In book Alternative medicine – New insights. IntechOpen. DOI:10.5772/intechopen.1006954

2-Kiecolt-Glaser, J. K., Graham, J. E., Malarkey, W. B., Porter, K., Lemeshow, S., & Glaser, R. (2021). Lavender and bergamot aromatherapy: Effects on cortisol and mood in healthy adults. International Journal of Neuroscience., 131(2) : 112–115.

3-Purushothaman, V. K., et al. (2022). Clinical Applications of Natural Body Butters in Skin Hydration and Barrier Repair. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology 11:491-497.

4-Cameli, N., Mariano, M., Serio, M., & Berardesca, E. (2020). Efficacy and tolerabilitof a cosmetic body scrub with sugar-based particles: A randomized controlled study.

5-Baumann, L., & Rodriguez, D. (2018). A comparison of physical exfoliants an their effects on sensitive skin: Sugar, salt, and fruit kernel-based scrubs. Dermatologic Therapy,31 (6), e12722

6- Ishikawa, J., Tagami, H., & Kikuchi, K. (2020). Moisturizing efficacy and evaporation profile of low-glycerin body mist formulations on human skin. Journal of Cosmetic Science,71 (6),527 –535.

7-Lee, M. S., Choi, J., Posadzki, P., & Ernst, E. (2018). Aromatherapy for treating anxiety: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Journal of Alternative and Complementary Medicine,24 (6),580 –590.

8-Herz, R. S. (2020). The emotional and neural impact of scented bathing products: A neuroaesthetic investigation. International Journal of Cosmetic Science,42 (5),489 –496

9- Asprilla-Perea, J.; Díaz-Puente, J.M. (2019) Importance of Wild Foods to Household Food Security in Tropical Forest Areas. Food Secur.; 11, 15–22.

10- Kapseu, C.; Nono, Y.; Parmentier, M.; Dirand, M.; Dellacherie, D. (2001) Fatty 31–34.

11-Salminen, A.; Lehtonen, M.; Suuronen, T.; Kaarniranta, K.; Huuskonen, J. (2008) Terpenoids: Natural Inhibitors of NF-KB Signaling with AntiInflammatory and Anticancer Potential. Cell. Mol. Life Sci. ; 65, 2979–2999.

12- Honfo, F. G., Akissoe N, Linnemann AR, Soumanou M, Van Boekel MA. (2013). Composition of Shea Products and Chemical Properties of Shea Butter: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 54(5): 673-86.

13-Afoakwa E.O., Paterson A., Fowler, M. and Ryan, A. (2008) Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 48(9):840-57.

14-Naik B, Kumar V. (2014) . Cocoa butter and its alternatives: Areview. J Bioresour Eng Technol.; 1:7-17

15-Umate N, Kuchewar V, Parwe S. (2022) A narrative review on the use of virgincoconut oil in dermatology. J Indian Sys Medicine;10:86-9

16-Varma SR, Sivaprakasam TO, Arumugam I, Dilip N, Raghuraman M, Pavan KB, Rafiq M, Paramesh R. (2018). Anti‐inflammatory and skin protective properties of virgin coconut oil in vitro., J Tradit Complement Med. 17;9(1):5-14.

17- Nong Y, Maloh J, Natarelli N, Gunt HB, Tristani E, Sivamani RK. (2023). A review of the use of beeswax in skincare. J Cosmet Dermatol.;22(8):2166-2173.

18- Reetu, J., Jaiswal, H., & Prakash, K. (2023). Formulation and Evaluation of Herbal Medicated Bath Bomb. International Journal of Medical Science, 3(1),1 –9.

19-Oyelami, O. A., Oyedeji, O. O., & Adedayo, A. O. (2015). Evaluation of Shea Butter's Effects on Skin Ni-gerian Women. Journal of Pharmaceutical and Cosmetic Sciences, 6(1), 14-22

20-Wael A. Mahdi., 2022. Product Development Studies of Cranberry Seed Oil Nanoemulsion., Processes 10(2):39

21-Ana, P., 2018. Cranberry antioxidant power on oxidative stress, inflammation and mitochondrial damage., International Journal of Food Properties., 21(1): 583-592.

22-Koulivand, P. H., et al. (2013). Lavender and the nervous system. Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine

23-Shashank,T., 2024. Formulation and Evaluation of Herbal Face Scrub. International Journal of Scientific Research Updates 8(2):1-11.

24-Nobuyik. W (2013). Relieving psychological stress and improving sleep quality by bergamot essential oil use before bedtime and upon awakening: A randomized crossover trial. Complementary Therapies in Medicine 77(4):102976.

25-Andrew, P., 2024. Effects of a lemon aroma on attention, reaction time and mood.,World Journal of Pharmaceutical Research 13(6):840-858

26- René ,A.,2012. Differential effects of exposure to ambient vanilla and citrus aromas on mood, arousal and food choice., Flavour, 1(24): 1-7

27-Lieve ,D.(2013). Smelling the books: The effect of chocolate scent on purchase- related behavior in a bookstore. Journal of Environmental Psychology.; 36:65-69

دراسة إحصائية لإضافة مسحوقي الشوندر الأحمر والسبانخ لنوعين من المعكرونة

د. سوسن بوطه د. نور زين العابدين د. هنادي السباعي د. نسرين البيطار

ملخص البحث:

تصنع المعكرونة من السميد القاسي والماء بشكل أساسي، وهي تفتقر إلى بعض العناصر الغذائية مثل الألياف والفيتامينات والمعادن والتي يرتفع محتواها في الخضار عموما، وقد يسهم إدخال الخضار في تحويل المعكرونة إلى غذاء وظيفي. هدف هذا البحث إلى دراسة الدلالة الإحصائية لإضافة مسحوق الشوندر والسبانخ لنوعي معكرونة، إذ تمّ تحضير المعكرونة مع البيض وبدونه وإضافة مسحوقي السبانخ والشوندر الأحمر وذلك وفق تصميم تجربة عاملية كاملة بمستويين، حُددت كمية الفينولات الكليّة في كلّ من مسحوق السبانخ والشوندر الأحمر وتمّ مقارنة محتوى المعكرونة المصنعة من حيث محتواها من الرطوبة والرماد والألياف الخام وخصائص طبخ المعكرونة (زمن الطبخ– الماء الممتص – زيادة الحجم) عند درجة معنوية $p<0.05$. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للتجارب المصممة أن لمسحوق السبانخ والشوندر الأحمر تأثير معنوي في خفض محتوى الرطوبة لنوعي المعكرونة، فعند رفع نسبة إضافة مسحوق الشوندر من 5 إلى 10 % انخفض محتوى الرطوبة أكثر منه في مسحوق السبانخ وارتفعت نسبة الرماد والألياف بشكل متقارب، وفي المعكرونة المحضرة بدون البيض عند رفع نسبة إضافة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10 % نقص الزمن اللازم لطبخ المعكرونة، وعند رفع نسبة إضافة مسحوق الشوندر من 5 إلى 10 %ازداد كل من زمن الطبخ والماء الممتص وحجم المعكرونة، وينخفض هذا التأثير غير المرغوب به فيصبح زمن الطبخ أقل 18.0دقيقة. وجد أن أفضل نسبة إضافة مسحوق السبانخ 10%إلى المعكرونة النوع الأول والأفضل من ناحية المواصفات الخاصة بطبخ المعكرونة، بينما يفضل النسبة 5% لمسحوق الشوندر الأحمر لمعكرونة النوع الثاني.

الكلمات المفتاحيّة: المعكرونة، دراسة إحصائية، السبانخ، الشوندر الأحمر، اختبارات طبخ المعكرونة.

Statistical Study of Adding Beetroot and Spinach Powders to Two Types of Pasta

Dr.Sawsan Bouta Dr.Nour Zien Alabiden Dr.Hanadi Alsiba Dr.Nsren Albitar

Abstract: Pasta is made primarily from durum semolina and water, and it lacks some nutrients such as fiber, vitamins, and minerals, which are generally found in higher concentrations in vegetables. Incorporating vegetables may contribute to transforming pasta into a functional food. This research aimed to study the statistical significance of adding beetroot and spinach powder to two types of pasta. Pasta was prepared with and without eggs, and spinach and red beetroot powders were added according to a two-level factorial experiment design. The total phenolic content of both spinach and red beetroot powders was determined, and the resulting pasta was compared in terms of moisture, ash, crude fiber content, and cooking characteristics (cooking time, water absorbed, and volume increase) at a significance level of $p<0.05$. The results of the statistical analysis of the designed experiments showed that spinach and beetroot powder significantly reduced the moisture content of both types of pasta. Increasing the beetroot powder content from 5% to 10% resulted in a greater decrease in moisture content than with spinach powder, while the ash and fiber content increased similarly. In egg-free pasta, increasing the spinach powder content from 5% to 10% reduced the cooking time. Increasing the beetroot powder content from 5% to 10% increased both cooking time and water absorption, resulting in a shorter cooking time of 18 minutes. The optimal percentage of spinach powder was found to be 10% for the first type of pasta, yielding the best cooking characteristics, while a 5% beetroot powder content was preferred for the second type.

Keywords: Pasta, Statistical Study, Spinach, Beetroot, Pasta Cooking Tests

أولاً المقدمة Introduction:

تعرّف المعكرونة حسب المواصفة القياسية السورية بأنها المحضرات الغذائية المصنوعة من تجفيف أشكال العجينة المختلفة المحضرة أساساً من القمح القاسي أو الطري المحسن، أو خليطهما، مع أو بدون البيض [1] ، وتعد المعكرونة مصدرًا جيدًا للعديد من العناصر الغذائية الرئيسية حيث كل 1 كغ

معكرونة تعطي الجسم حوالي 3500 كيلوكالوري/اليوم، كما تحتوي المعكرونة حوالي 12% بروتين ومتوسط احتياج الفرد 70 غ بروتين/ اليوم لذلك فإن 700غ من المعكرونة تعطي احتياج الفرد من البروتين في المتوسط (وهي كمية كبيرة لا يمكن للفرد استهلاكها يومياً)، وبمأن المعكرونة لا تحتوي على كل الفيتامينات المطلوبة لجسم الانسان وتفتقر إلى عناصر غذائية ضرورية مثل المعادن فقد كانت تعتبر المعكرونة "غذاء تسمين" بسبب المحتوى العالي من النشاء وتؤدي لرفع نسبة السكر في الدم بعد استهلاكها مقارنة بالأطعمة الأساسية الأخرى مثل الخبز والأرز [2,3].

أظهر Giuberti وزملاؤه عام 2018 أن امتصاص النشاء من المعكرونة في الأمعاء بطيء وغير مكتمل مقارنة بالأطعمة الأخرى القائمة على النشاء مثل الخبز الأبيض، لذلك يمكن أن تكون إضافة مكونات الخضروات خياراً لخفض نسبة السكر في الدم لمنتجات المعكرونة بشكل أكبر[4] ، ويكون دمج المعكرونة مع المكونات الصحية فكرة جيدة، حيث تحتوي الخضروات على مجموعة متنوعة من العناصر الغذائية ذات الفائدة الصحية مثل الألياف والفيتامينات والبوليفينولات والكاروتينات والمعادن التي تفتقر إليها المعكرونة. [5]

يعد السميد المستخرج من أقماح (Tr. Durum) من أفضل الأنواع المستخدمة في صناعة المعكرونة، وذلك لتميز غلوتين سميد هذه الأقماح بارتفاع نسبته وبمواصفاته الريولوجية الجيدة[6]، بالإضافة إلى أن المعكرونة المنتجة من هذه النوعية من السميد تكتسب لوناً أصفراً ذهبياً، ويفضل في صناعة المعكرونة قمح (Tr. Durum) على القمح الأحمر لأن هذا الأخير يكسب المعكرونة صفات رديئة من ناحية اللون، ويكون محتواه من الرطوبة لا تزيد عن 13% ولا تقل نسبة البروتين عن 11.5 % ولا يقل الغلوتين الطري عن 35% ولا تزيد نسبة الرماد عن0.8%، وقد يضاف البيض إلى المعكرونة وخاصة الشريطية ليساعد على تماسك العجينة وإضفاء اللون الذهبي المرغوب لها وبالتالي تحسين جودة المنتج، حيث يضاف إما طازجاً (وهو الأفضل) أو مجمداً أو مجففاً تبعاً للناحية الاقتصادية وتوفر المواد، وتقدر نسبة إضافة البيض على أساس الوزن الجاف بحدود 2.8 %.[7]

تتضـمن عملية إنتاج المعكرونة عدة خطوات رئيسـية، بما في ذلك الخلط والضـغط والتجفيف والتبريد والتعبئة والتغليف، ويمكن تصـنيعها من أنواع مختلفة من الحبوب مثل القمح والأرز والذرة والشـوفان والذرة الرفيعة[8] .

الشـــوندر الأحمر *Beta vulgaris* هو الجذر الوتدي من نبات الشـــوندر، يتبع الفصـــيلة Chenopodiaceae familyويحتوي على نسـبة عالية من مركب البيتالين Betalains وهي المادة التي تكسـب الشـوندر اللون الأحمر كما تعتبر من أقوى مضـادات الاكسـدة، يحتوي الشـوندر على حوالي 88% من وزنه ماء، و3% الياف، و2% رماد والباقي ســـكريات ومواد معدنية كالكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والحديد. البيتالين هو الأكثر دراسةً ويشتهر به الشوندر الأحمر حيث يتم اســـتخدامه كعامل تلوين للطعام وهو عبارة عن أصـــباغ نتروجينيه مائية يمكن تقســـيمها الى مجموعتين رئيســـيتين وفقاً لتركيبها الكيميائي ولونها بيتاســـيانين betacyanin تعطي اللون الأحمر البنفسجي وبيتاكزانتين betaxanthin تعطي أصباغ صفراء. [9]

السـبانخ *Spinacia oleracea* وهو نبات زهري حولي ينتمي للفصـيلة القُطيفية، وهو من الخضـار الحقلية المألوفة، موطنه الأصـلي اسيا وهو منخفض الطول حيث يبلغ طوله 30 سم، وينتج مجموعة سميكة من الأوراق العريضة الطرية، يحتوي السبانخ على حوالي92% من وزنه ماءو3% الياف، وهو يعتبر غني بالأملاح المعدنية مثل الحديد والفوسـفور والكالسـيوم والبوتاسـيوم، كما يحتوي على مادة الكلوروفيل التي تعطيه اللون الأخضـر المميز والتي لديها خصـائص وفوائد عديدة تجعل من السـبانخ نبات ذو قيمة غذائية عالية، من الممكن استخدامه كملون ومحسن للمظهر.[10]

استخدم Padalino وزملاؤه عام 2017 مسحوق قشر الطماطم كمكون وظيفي وأظهر زيادة كبيرة في الألياف القابلة للذوبان ومحتوى الألياف غير القابلة للذوبان في المعكرونة الناتجة مقارنة بالمعكرونة القياســـية. علاوة على ذلك، انخفضـــت الكربوهيدرات من 68 %من المعكرونة إلى 60 %عند اسـتبدال15 % من السـميد، مما يشـير إلى إمكانية تقليل اسـتجابة نسـبة السـكر في الدم [11]. وجد نفس الباحثين أيضـاً زيادة كبيرة في الليكوبين النشـط بيولوجياً، وهو نوع واحد من الكاروتينويد ذو قدرة قوية كمضاد أكسدة.

بيّن Sobota وزملاؤه عام 2020 في بحثه حول تطبيق مركزات ومساحيق الخضروات (الشوندر الأحمر والجزر واللفت) في إنتاج المعكرونة الملونة، وتأثيرها في اللون والتركيب الكيميائي وجودة الطهي والسمات الحسية للمعكرونة المنتجة، أن أفضل إضافة مساحيق الخضروات والمركزات في إنتاج المعكرونة من 2% إلى 8%، مع الاختيار المحدد اعتماداً على كثافة اللون المطلوبة وسمات الجودة للمنتج النهائي.[12]

درس Fratianni وزملاؤه عام 2024 إمكانية إنتاج المعكرونة عن طريق استبدال 15% من سميد القمح القاسي بأوراق الخضروات الخضراء المجففة مثل السبانخ أو الهندباء أو السلق، مما يعزز القيمة الغذائية مع الحفاظ على الميزات التكنولوجية الجيدة والجودة الحسية، حيث تراوح محتوى الألياف من 4.5 إلى 6 غ لكل 100 غ من المعكرونة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تصنيف هذه العينات كمصدر لفيتامين E وفيتامينA مما يعزز قيمتها الغذائية.[13]

عند دراسة الخصائص التقنية والغذائية للمعكرونة الغنية بالخضروات باستخدام عصير وتفل السبانخ والشوندر والملفوف الأحمر والجزر وفق نسب الاستبدال التالية 1% و 10% أظهرت جميع عينات المعكرونة النباتية خصائص غذائية أفضل من المعكرونة التقليدية، وأدت المستويات العالية للاستبدال 10% للمواد النباتية إلى انخفاض الجودة الفنية للمعكرونة النباتية بشكل ملحوظ مقارنةً مع مستويات الاستبدال الأدنى 1% وتمتعت المعكرونة المدعمة بالعصير بجودة فنية أفضل (فقد أقل بالطهي ومرونة أقل) مقارنة مع المعكرونة المدعمة بالتفل واستنتج أنه عند مستوى استبدال منخفض 1% يمكن استخدام العصير والتفل لإنتاج معكرونة ذات أداء طهي مقبول وجودة ملمس مقبولة، وأن المعكرونة المدعمة بالعصير أعطت لون أفضل من المعكرونة المدعمة بالتفل عند نفس مستوى الاستبدال.[14]

أوضح Teterycz و Sobota عام 2023 أن استخدام نفايات الخضروات يمكن أن يعزز بشكل فعال القيمة الغذائية للمعكرونة، فقد أدت إضافة مخلفات البندورة إلى زيادة كبيرة في محتوى البروتين في عينات المعكرونة المدعمة، حيث وصلت أعلى نسبة من البروتين إلى 20.61% من المادة الجافة.

بالإضـــــافة إلى ذلك، زاد إجمالي محتوى الألياف الغذائية في العينات التي تحتوي على بذور الفليفلة بشكل كبير. [15]

إشكالية البحث: في الدراسات السابقة لم يدرس بشكل واضح تأثير إدراج البيض في مكونات المعكرونة بل عزيت كل التأثيرات لإضافة الخضار فقط ولم تكن هناك عينات شاهد بدون إضافة البيض في وصفات تحضير المعكرونة.

ثانياً: هدف البحث:

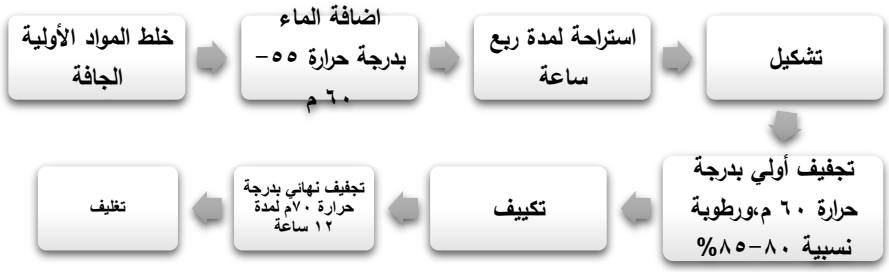
يهدف هذا البحث إلى دراسة الأثر الاحصائي لتدعيم لنوعين من المعكرونة، النوع الأول (مع بيض) والنوع الثاني (بدون بيض) بإضافة مسحوقي الشوندر والسبانخ لرفع محتواها من الألياف الخام والمعادن، وتأثير ذلك في خصائص الطهي لنوعي المعكرونة باستخدام تصميم التجارب بعاملين وبمستويين.

ثالثاً- المواد والطرائق:

3-1- المواد المستخدمة:

مساحيق الخضار: تم الحصول على أوراق السبانخ وجذور الشوندر الأحمر الطازجة من السوق المحلية في مدينة حمص، وغسلت بشكل جيد وقُشرَّ الشوندر وقُطع لشرائح رقيقة، وضعت شرائح الشوندر وأوراق السبانخ في المجفف على الدرجة 50 مئوية لمدة 48 ساعة وطحنت بهدف الحصول عليها بشكل مسحوق ناعم تم حفظها في أكياس من البولي إيثلين لحين الاستخدام [16].

تصنيع المعكرونة: تمّ عملية التصنيع عينات المعكرونة مخبرياً وفق [16,12] مع بعض التعديلات حيث تم تشكيل المعكرونة يدوياً بدل آلة البثق، النوع الأول: تم تصنيعه من سميد وسط من السوق المحلية في مدينة حمص والماء بنسبة 30~32%بدرجة حرارة 60 مئوية وبيض طازج بنسبة 5%. النوع الثاني: تم تصنيعه من سميد وسط من السوق المحلية في مدينة حمص والماء بنسبة 30 % 25~ بدرجة حرارة 60 مئوية، واستخدم الطحين لمنع الالتصاق. جففت العينات بالمجفف المخبري ووضعت كمية من الماء داخله للمحافظة على رطوبة نسبية (80-85)% قدرت بواسطة حساس الرطوبة النسبية وفي عملية التكييف تركت العينات داخل المجفف بدون حرارة للسماح بحصول حالة توازن للرطوبة داخل المعكرونة وعلى سطحها ، وبعد التجفيف النهائي للعينات المصنعة تم تغليفها بأكياس من البولي إيثلين الشكل (1).



الشكل (1) خطوات تصنيع عينات المعكرونة مخبرياً

3-2 تصميم التجارب والدراسة الإحصائية:

تمّ تصميم التجربة الأولى والثانية باستخدام برنامج Minitab الاصدار22، بعاملين ومستويين 2 factorial design (2^2)وثلاث مكررات لكل نقطة وتمّ أخذ نقطة مركزية بمكررين الجدول (1) و(2)، فكان عدد التجارب المجراة 24 تجربة بالإضافة إلى تجربتي شاهد، وتمّ دراسة الأثر المعنوي (أي معرفة قيمة التأثير الذي يحدثه هذا العامل عند انتقاله من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى) للعوامل على Responses (محتوى الرطوبة والألياف ونتائج طبخ المعكرونة) عند مستوى وثوقيه 0.05%. ويظهر الشكل (2) مخطط تصنيع المعكرونة المدعمة.

جدول (1) تصميم التجربة الأولى لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق السبانخ

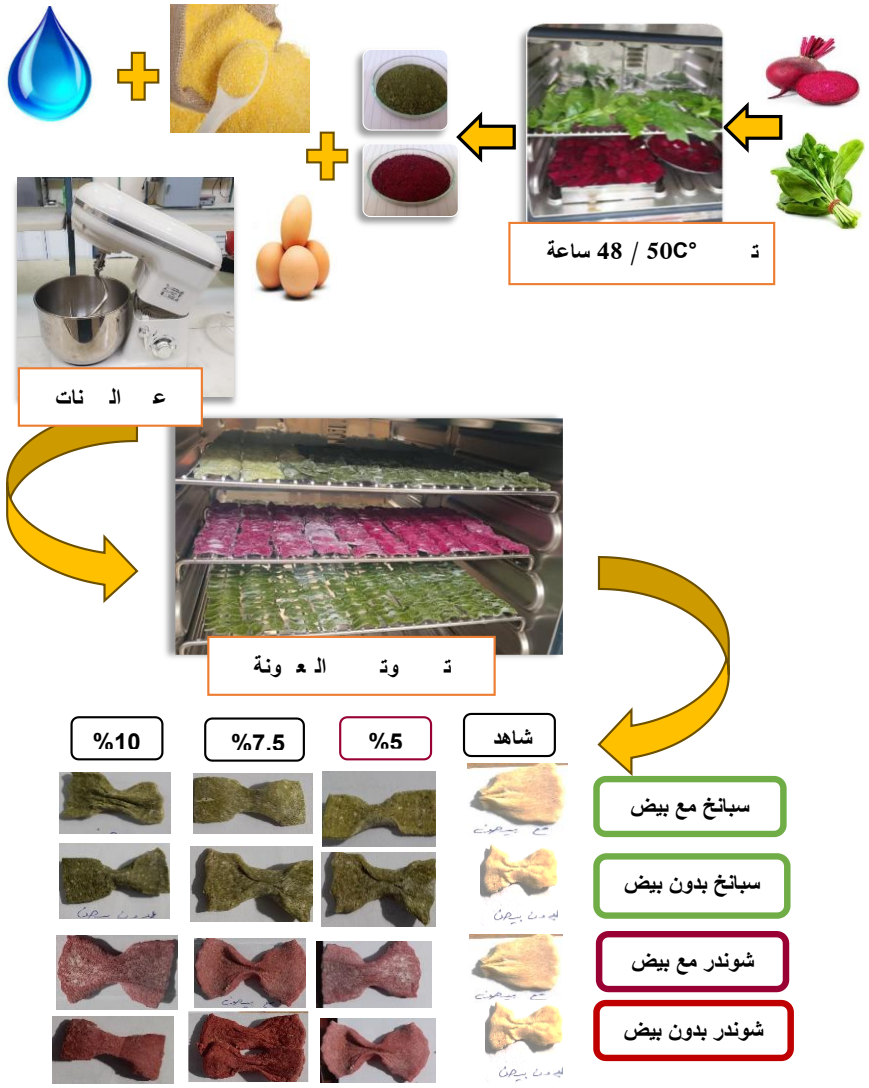
العامل المؤثر	نوعه	المستوى الأدنى (1−)	المستوى الأعلى (1+)
مسحوق السبانخ	رقمي	%5	%10
نوع المعكرونة	نصي	أول	ثاني

جدول (2) تصميم التجربة الثانية لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق الشوندر الأحمر

العامل المؤثر	نوعه	المستوى الأدنى (−1)	المستوى الأعلى (+1)
مسحوق الشوندر الأحمر	رقمي	%5	%10
نوع المعكرونة	نصي	أول	ثاني

3−3− طرائق التحليل:

أجريت التجارب العملية والتحاليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة الغذائية في جامعة حمص، تمّ تحديد الرطوبة وفق (AACC, 2000,Method 44-15A) والرماد وفق(AACC,2000, Method 08-01) والألياف الخام وفق (2000) AOAC (ثلاث مكررات) ، وتم قياس محتوى المركبات فينولية لونياً باستخدام طريقة كاشف فولين−سيوكالتيو ، حيث تم قياس الامتصاصية عند طول موجة 725 نانومتر، وكانت المعادلة الخاصة بالسلسلة العيارية من حمض الغاليك $y = 0.0015x + 0.0377$ تم التعبير عن كمية الفينولات بميليغرام مكافئ لحمض الغاليك لكل غرام [17,18,19]



الشكل (2) تصنيع عينات المعكرونة مخبرياً المدعمة بمسحوقي السبانخ والشوندر حسب تصميم التجارب

اختبارات طبخ المعكرونة: أجريت على المعكرونة المدعمة اختبارات الطبخ وهي (تحديد الزمن الأمثل لطبخ المعكرونة وتحديد نسبة الماء الممتص والزيادة في حجم المعكرونة) وفق [11,12,13,14,20]

a) تحديد زمن طبخ المعكرونة الأمثل:

وضع 50 غرامًا من المعكرونة في 250 مل من الماء المغلي، تم أخذ قطعة من المعكرونة كل 30 ثانية وضعها بين لوحين زجاجين والضغط عليها برفق حتى يختفي اللون الأبيض من منتصف الخيط، عندما يصبح مركز المعكرونة شفافًا يؤخذ وقت الطهي الأمثل.

b) تحديد نسبة الماء الممتص:

تم تحديد امتصاص الماء من خلال نسبة وزن المعكرونة المطبوخة G2 إلى وزن المعكرونة قبل الطهي G1 ويحسب الماء الممتص بالعلاقة:

$$Water\ absorption\ (\%) = \frac{(G2 - G1) \times 100}{G1}$$

c) الزيادة في الحجم (مؤشر الانتفاخ):

يتم قياس حجم المعكرونة المقطعة بطول 4 سم بواسطة سلندر مدرج 250 ml يحوي ماء حيث يتم وضع 25g معكرونة ويكون ارتفاع سوية الماء (V1) تعاد نفس العملية على المعكرونة بعد طبخها حيث يؤخذ الحجم (V2)، وتحسب الزيادة في حجم المعكرونة بعد طبخها من العلاقة:

$$Increase\ size = \frac{(V2 - V1) \times 100}{V1}$$

رابعاً: النتائج والمناقشة:

4-1 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف والمركبات الفينولية للمواد الأولية المستخدمة في صناعة المعكرونة:

بلغ متوسط محتوى الرطوبة لمسحوق الشوندر الأحمر الذي تم تحضيره 6% والرماد 5.4% والألياف 23.6% جدول (3)، وهي تتوافق مع ما أورد de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 أن محتوى الرطوبة لمسحوق الشوندر الأحمر 5.67% والرماد 5.62% والألياف غير المنحلة 14.96% [21]، بينما كانت رطوبة مسحوق الشوندر الأحمر 4.12% والرماد 7.33%

والألياف الكلية 24% كما ذكر Sobota وزملاؤه عام 2020 [12]. بلغت رطوبة مسحوق السبانخ 16.1% والرماد 14.1% والألياف 22.2% جدول (3) وهي تتوافق تقريباً مما أورده Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث كان محتوى الرطوبة أقل من 8% والرماد15.1% والألياف 22.5% [22]. بلغت رطوبة السميد 13% والرماد 1.3% وهي مطابقة للمواصفة القياسية الخاصة بالسميد[1] ، أما بالنسبة لمحتوى المركبات الفينولية فقد بلغ 2487.8، 1203.2، 63.1 mg GA/g لمسحوق الشوندر والسبانخ والسميد على الترتيب، ويلاحظ أن محتوى مسحوق الشوندر الأحمر من المركبات الفينولية تقريباً الضعف من محتواها من مسحوق السبانخ، وهما أعلى من محتوى السميد بحوالي عشرين ضعف تقريباً. وهذا يتوافق مع [21].

الجدول (3) محتوى مسحوق الشوندر الأحمر والسبانخ والسميد من الرطوبة والرماد والألياف والمركبات الفينولية

اسم العينة	الرطوبة %	الرماد %	الألياف %	المركبات الفينولية mg GA/g
مسحوق الشوندر الأحمر	$6.0^{a}\pm0.02$	$5.4^{b}\pm0.51$	$23.6^{a}\pm0.12$	$2487.8^{a}\pm1.02$
مسحوق السبانخ	$16.1^{b}\pm0.70$	$14.1^{a}\pm0.32$	$22.2^{b}\pm0.11$	$1203.2^{b}\pm1.42$
السميد	$13.2^{c}\pm0.12$	$1.3^{c}\pm0.91$	$3.8^{c}\pm0.17$	$63.1^{c}\pm1.04$

الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند $p<0.05$

2-4 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ محتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة النوع الأول (الشاهد) 9.13-1.06-0.3% على التوالي، وقد أدت إضافة مسحوق السبانخ لرفع نسبة الرطوبة والرماد والألياف مقارنة بالشاهد فقد بلغت قيم المؤشرات السابقة 9.4- 2.5- 0.8% عند أعلى نسبة تدعيم 10% جدول (4) ويعزى ذلك لأن محتوى مسحوق السبانخ من الرطوبة والرماد والألياف أعلى منها في السميد، وهذا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 حيث ارتفعت قيم الألياف

والرماد إلى الضعف تقريباً عند النسبة 15% [13]. أما بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني فقد بلغت قيم الرطوبة والرماد والألياف لعينة الشاهد 10.9–0.9–0.4% على الترتيب، وقد حصل انخفاض كبير في نسبة الرطوبة عند أعلى نسبة إضافة من مسحوق السبانخ 7.03% بينما ارتفعت قيم الرماد والألياف وبلغت عند نسبة 10% 1.76–0.89 % وذلك كون مسحوق السبانخ أعلى محتوى من السميد بعشرة أضعاف تقريباً من الرماد وخمسة أضعاف من الألياف، وهذا يتوافق معIacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث ارتفعت نسبة الألياف إلى 5.2% والرماد إلى 2.75 % عند نسبة إضافة 15%[22].

وقد يفسر انخفاض الرطوبة بزيادة نسبة الإضافة وخاصة المعكرونة النوع الثاني بربط الماء الازم لعجن المعكرونة بالألياف الموجودة بالسبانخ وثم التخلي عنه بسهولة في مرحلة التجفيف.

الجدول (4) نتائج محتوى الرطوبة والرماد والألياف % لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ

	مسحوق السبانخ%	الرطوبة	الرماد	الألياف
النوع الأول (مع بيض)	**5**	10.8^{a} ±0.40	1.7^{c}±0.04	0.5^{c}±0.02
	7.5	9.9^{b}±0.3	1.95^{b}±1.1	0.75^{d}±0.04
	10	9.4^{c} ±0.20	2.5^{a} ±0.33	0.8^{a} ±0.03
النوع الثاني (بدون بيض)	**5**	7.4^{d}±0.05	1.05^{e} ±0.04	0.62^{f}±0.1
	7.5	7.1^{e}±1.3	1.45^{d}±0.9	0.78^{b}±0.7
	10	7.03^{e}±0.66	1.76^{c} ±0.04	0.89^{e} ±0.01

الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند $p<0.05$

دراسة التأثير المعنوي:

وجد أن لمسحوق السبانخ ونوع المعكرونة تأثير معنوي في محتوى الرطوبة والرماد والألياف للمعكرونة حيث $p<0.05$ جدول (5) والذي تمّ الحصول عليه بالتحليل الاحصائي للتجربة العاملية المصممة والذي يبيّن قيمة التأثير المعنوي للعوامل المدروسة وتأثيرها المشترك. بالنسبة لتأثير إضافة مسحوق السبانخ في رطوبة المعكرونة فقد كان سلبياً –0.8 في كلا النوعين، أي بزيادة نسبة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10% تنخفض الرطوبة بمقدار 0.8 تقريباً وذلك بسبب

امتصاص الألياف للماء، بينما يرتفع الرماد بمقدار 0.77 والألياف الخام بمقدار 0.31 تقريباً ويكون التأثير المعنوي إيجابياً. أي أن مسحوق السبانخ يخفض نسبة الرطوبة ويرفع الرماد والألياف في كلا نوعي المعكرونة.

بينما كان تأثير نوع المعكرونة (مع بيض وبدون بيض) في نسبة الرطوبة والرماد إيجابياً 2.81– 0.69 بسب ارتفاع نسبتهما في البيض الطازج، ويكون التأثير سلبياً في نسبة الألياف الخام – 0.074 بسب عدم احتواء البيض عليها، أي أن المعكرونة المحضرة مع البيض ترتفع فيها نسبة الرطوبة والرماد وتنخفض الألياف.

الجدول (5) قيم التأثير المعنوي لإضافة مسحوق السبانخ والبيض لمحتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المصنعة

التأثير المعنوي	للرطوبة	للرماد	للألياف الخام
مسحوق السبانخ	0.818–	0.77	0.308
نوع المعكرونة (إضافة البيض)	2.815	0.69	0.074-
السبانخ ونوع المعكرونة	0.54–	0.63	0.083

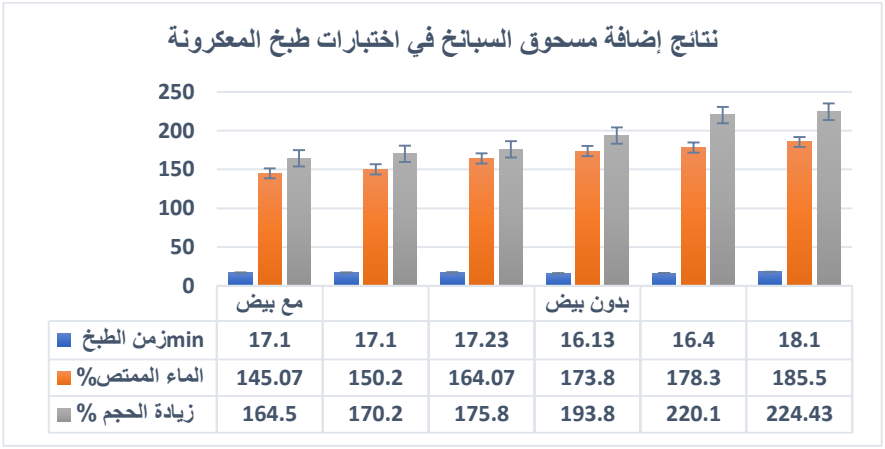
وبدراسة التأثير المشترك لإضافة مسحوق السبانخ ونوع المعكرونة فقد انخفض الأثر المعنوي السلبي على محتوى الرطوبة –0.54، أي عند رفع نسبة إضافة السبانخ من 5 إلى 10% مع إضافة البيض تنقص الرطوبة بمقدار 0.54% فقط وتزداد قيم الرماد بمقدار 0.63 والألياف الخام بمقدار 0.083، أي أن إضافة البيض حدت من التأثير السلبي بالنسبة للرطوبة الذي تسببه رفع نسبة إضافة السبانخ.

3-4 نتائج اختبارات الطبخ لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ زمن الطبخ للنوع الأول من المعكرونة (الشاهد) 17 دقيقة ونسبة الماء الممتص 113.67% وكانت نسبة الزيادة في الحجم 150%، وبرفع نسبة إضافة السبانخ إلى النوع الأول من المعكرونة ازداد زمن طبخ المعكرونة إلى 17.23 دقيقة عند نسبة إضافة 10% الشكل (3) وهذا لا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 أو مع Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث انخفض زمن الطهي إلى 8 دقيقة [22,13] ، وقد يعود ذلك إلى الشكل اليدوي الذي شكلّت به العينات الشكل (2) سميكة نسبياً حوالي 3 ملم بينما آلة البثق تنتج خيوط معكرونة بأبعاد متساوية بحدود 1 ملم.

أدت زيادة نسبة إضافة السبانخ إلى زيادة نسبة الماء الممتص للمعكرونة وزيادة في الحجم حيث بلغت عند نسبة إضافة 10% 164 -175.8% على الترتيب، وهذا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 أو مع Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث بلغت نسبة الماء الممتص حوالي 130% [22,13]، كذلك أوضح Sobota وزملاؤه عام 2020 أن وقت الطهي ينقص وامتصاص الماء يزداد مع زيادة نسبة الإضافة [12].

بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني كانت المؤشرات مشابهة للنوع الأول حيث ازداد زمن طبخ المعكرونة إلى 18.1 دقيقة في عينة نسبة الإضافة 10% مقارنة بالشاهد 10 دقيقة، وارتفعت نسبة الماء الممتص فيها إلى 185.5% وزيادة حجم المعكرونة إلى 224.43% مقارنة بالشاهد 162.16% الماء الممتص و187.5% الزيادة في الحجم.



	مع بيض			بدون بيض		
زمن الطبخ min	17.1	17.1	17.23	16.13	16.4	18.1
الماء الممتص%	145.07	150.2	164.07	173.8	178.3	185.5
زيادة الحجم %	164.5	170.2	175.8	193.8	220.1	224.43

الشكل (3) تأثير إضافة مسحوق السبانخ في اختبارات طبخ المعكرونة

دراسة التأثير المعنوي:

أثرت إضافة السبانخ بشكل معنوي إيجابي في كل من زمن طبخ المعكرونة والماء الممتص وزيادة الحجم الجدول (6)، وكان الأثر الأكبر في زيادة الحجم 20.95 وذلك بسبب زيادة كمية الألياف مع ازدياد نسبة الإضافة، أي بزيادة نسبة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10% يزداد زمن طبخ المعكرونة والماء الممتص وبشكل أكبر حجم المعكرونة، مع ملاحظة أن تشكيل المعكرونة أثّر في زمن الطبخ.

أثّر نوع المعكرونة في نسبة الماء الممتص −25.53 بشكل سلبي وكذلك بالنسبة لزيادة الحجم −40.51، لم تؤثر إضافة البيض معنوياً في زمن طبخ المعكرونة حيث كان P>0.05 بينما تنقص الماء الممتص وحجم المعكرونة في النوع الأول من المعكرونة عنه في الثاني.

الجدول (6) قيم التأثير المعنوي الناتج عن إضافة مسحوق السبانخ في اختبارات طبخ المعكرونة

التأثير المعنوي	زمن الطبخ	للماء الممتص	لزيادة الحجم
مسحوق السبانخ	1.05	15.23	20.95
نوع المعكرونة (إضافة البيض)	P>0.05	25.53-	40.51-
السبانخ ×نوع المعكرونة	-0.916	3.68	9.65−

وتؤدي الإضافة المشتركة للبيض والسبانخ لزيادة زمن الطبخ المعكرونة 17.2 دقيقة، وتزداد نسبة الماء الممتص في المعكرونة النوع الثاني مع زيادة نسبة مسحوق السبانخ بمقدار 3.68% وينخفض حجم المعكرونة بمقدار 9.65%

4−4 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف الخام لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ محتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة النوع الأول (الشاهد) 9.13−1.06−0.3% على التوالي، أما بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني فقد بلغت قيم الرطوبة والرماد والألياف لعينة الشاهد 10.9−0.9−0.4% على الترتيب، وقد أدت إضافة مسحوق الشوندر الأحمر

جدول (7) لخفض رطوبة المعكرونة 5.5% (النسبة 10% النوع الثاني) ورفع نسبة الرماد 1.82%(النسبة 10% النوع الأول) والألياف الخام حتى 0.85% وهذا يتوافق مع Sobota وزملاؤه عام 2020 فقد انخفضت قيم الرطوبة لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق الشوندر الأحمر إلى 10.06% عند النسبة 8% وارتفعت قيم الرماد حتى 1.23% والألياف2.38% [12]، وقد أورد de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 قيم مشابهة [21].

الجدول (7) قيم الرطوبة والرماد والألياف الخام% لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر

	مسحوق الشوندر%	الرطوبة	الرماد	الألياف الخام
النوع الأول (مع بيض)	5	12.3^{a} ±0.1	1.61^{a} ±0.06	0.23±0.04
	7.5	10.9^{b}±0.3	1.75^{b}±1.1	0.45^{d}±0.04
	10	11.8^{c}±0.24	1.82^{c} ±0.03	0.65^{c} ±0.02
النوع الثاني (بدون بيض)	5	10.4^{d}±0.45	1.04^{d} ±0.02	0.60^{f} ±0.01
	7.5	7.1^{e}±1.3	1.45^{d}±0.9	0.78^{b}±0.7
	10	5.5^{f}±1.1	1.63^{f} ±0.05	0.85^{a} ±0.03

$p<0.05$الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند

دراسة التأثير المعنوي:

وجد أن لمسحوق الشوندر الأحمر ونوع المعكرونة تأثير معنوي في محتوى الرطوبة والرماد والألياف للمعكرونة حيث $p<0.05$ جدول (8)، وبزيادة نسبة إضافة الشوندر الأحمر من 5 إلى 10% تنخفض الرطوبة بمقدار% 2.7، بينما يزداد الرماد ونسبة الألياف الخام، أي أن مسحوق الشوندر الأحمر يخفض الرطوبة ويزيد الرماد والألياف الخام، حيث تعمل الألياف على ربط كمية من الماء أثناء تصنيع المعكرونة ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف بشكل كامل مما يؤدي لخفض رطوبة المعكرونة المصنعة كلما زادت نسبة الألياف (تنافس الألياف بروتينات ونشاء السميد بربط كمية من الماء أثناء العجن ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف).

بالنسبة لنوع المعكرونة فالنوع الثاني كان أعلى رطوبة ورماد وأقل نسبة الألياف، أي أن البيض يعمل على تقليل نسبة الرطوبة والرماد للمعكرونة.

ويؤدي التأثير المشترك لإضافة البيض والشوندر معاً إلى رفع والرماد والألياف الخام، حيث ترتفع قيمة الرماد عند الشوندر الأحمر بنسبة 10% مع البيض وتكون (1.82) %، وتؤدي إضافة البيض لخفض الألياف الخام بمقدار0.27%، حيث ينخفض محتوى الألياف الخام من 0.72 إلى 0.44 % بإضافة البيض ولك لعدم احتوائه على الألياف، وتكون أعلى نسبة ألياف خام عند نسبة شوندر أحمر10% بدون بيض 0.85%.

الجدول (8) قيم التأثير المعنوي لإضافة مسحوق الشوندر الأحمر والبيض لمحتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المصنعة

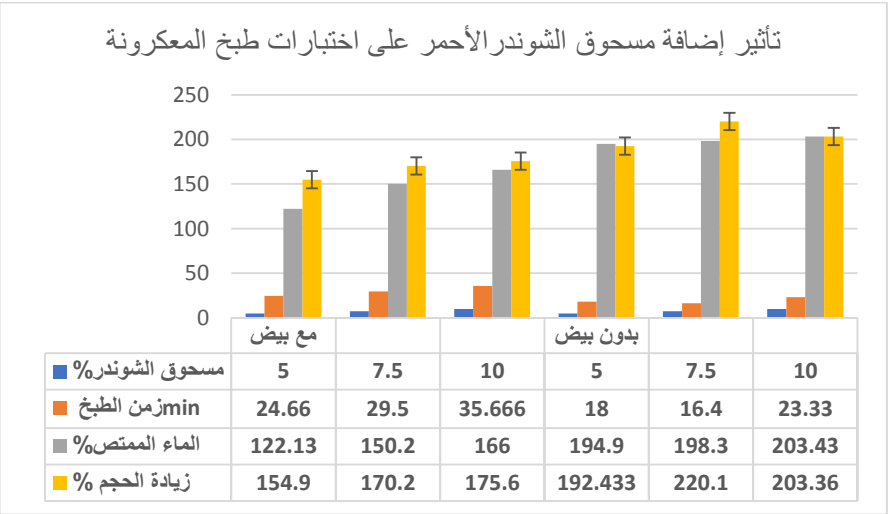
التأثير المعنوي	للرطوبة	للرماد	للألياف الخام
مسحوق الشوندر الأحمر	2.7-	0.41	0.33
نوع المعكرونة	4.1	0.38	0.27-
الشوندر الأحمر ×نوع المعكرونة	2.2	0.19	0.08

2-4 نتائج اختبارات الطبخ لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ زمن الطبخ للنوع الأول من المعكرونة (الشاهد) 17 دقيقة ونسبة الماء الممتص 113.67% وكانت نسبة الزيادة في الحجم 150%، بينما كانت القيم للمعكرونة النوع الثاني 10دقيقة و162.16% الماء الممتص و187.50% الزيادة في الحجم.

وقد أدت زيادة نسبة الشوندر الأحمر إلى زيادة زمن الطبخ بشكل معنوي في كلا نوعي المعكرونة شكل (4) وهذا لا يتوافق مع Sobota وزملاؤه عام 2020 الذي أورد أن زمن طبخ المعكرونة ينخفض بزيادة نسبة الإضافة حتى وصل إلى 9.2 دقيقة عند نسبة إضافة 8% [12]، وقد يعود ذلك إلى سماكة المعكرونة المحضرة يدوياً.

كانت نسبة الماء الممتص في المعكرونة النوع الثاني أكبر منها في النوع الأول عند نسب الإضافة المتماثلة203.43-166% على الترتيب بسبب زيادة نسبة الألياف فيها، وكذلك الزيادة في الحجم وهذا يتوافق مع de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 [21].



	مع بيض			بدون بيض		
مسحوق الشوندر%	5	7.5	10	5	7.5	10
زمن الطبخ min	24.66	29.5	35.666	18	16.4	23.33
الماء الممتص%	122.13	150.2	166	194.9	198.3	203.43
زيادة الحجم %	154.9	170.2	175.6	192.433	220.1	203.36

الشكل (4) تأثير إضافة مسحوق الشوندر الأحمر في اختبارات طبخ المعكرونة

دراسة التأثير المعنوي:

تؤثر إضافة مسحوق الشوندر الأحمر ونوع المعكرونة معنوياً في اختبارات طبخ المعكرونة جدول (9)، أثرت إضافة الشوندر الأحمر بشكل معنوي إيجابي في زيادة زمن طبخ المعكرونة وتؤدي رفع النسبة إلى 10% إلى زيادة زمن طبخ المعكرونة، وكذلك زيادة الماء الممتص مما يؤدي لزيادة حجم المعكرونة.

في المعكرونة من النوع الثاني (بدون بيض) يقل الزمن الازم لطبخ المعكرونة ويزداد الماء الممتص وتكون الزيادة في الحجم أكبر، أي يعمل البيض على زيادة زمن الطبخ وتقليل الماء الممتص وتقليل حجم المعكرونة الناتجة.

يعمل التأثير المشترك لكل من مسحوق الشوندر الأحمر وإضافة البيض على زيادة زمن الطبخ والماء الممتص وزيادة في الحجم ولكن بشكل أقل، ويؤدي الإضافة المشتركة للبيض والشوندر الأحمر 5% لخفض زمن الطبخ للمعكرونة (18.0دقيقة).

بينما يرفع مسحوق الشوندر الأحمر نسبة الماء الممتص عند رفع نسبة الإضافة من 5 إلى 10%، وتكون أعلى قيمة للماء الممتص عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر 10% بدون إضافة بيض 194.9%.

الجدول (9) قيم التأثير المعنوي الناتج عن إضافة مسحوق الشوندر الأحمر في اختبارات طبخ المعكرونة

التأثير المعنوي	لزمن الطبخ	للماء الممتص	لزيادة الحجم
مسحوق الشوندر الأحمر	8.16	26.2	15.81
إضافة البيض	9.5	55.1-	32.65-
مسحوق الشوندر الأحمر ×البيض	2.83	17.66	4.88

يكون تأثير إضافة البيض مشابهاً بالنسبة لزيادة حجم المعكرونة حيث تؤدي إضافة البيض إلى خفض حجم المعكرونة، وعند رفع نسبة إضافة الشوندر الأحمر من 5 إلى 10% يزداد حجم المعكرونة، وتكون أعلى قيمة لحجم المعكرونة الناتجة عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر 10% بدون إضافة بيض 203.37%.

خامساً- الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

- يحتوي مسحوق الشوندر والسبانخ على كمية عالية جداً من البولي فينولات 1203.2-2487.8 mg GA/g على الترتيب.
- تنافس الألياف المضافة من مساحيق الخضار الجافة بروتينات ونشاء السميد بربطها كمية من الماء المضاف الازم في مرحلة العجن ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف، مما يؤدي لخفض رطوبة المعكرونة الناتجة، وبالتالي يزداد زمن الطبخ الازم للمعكرونة لاحقاً وكذلك حجمها، بينما يقوم البيض بخفض هذا التأثير للألياف المضافة.
- أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للتجارب المصممة أن لمسحوق السبانخ والبيض والشوندر الأحمر تأثير معنوي في محتوى الرطوبة للمعكرونة $p<0.05$، حيث خفضت نسبة الإضافة من محتوى الرطوبة فكانت 9.15-8.31% للنسب 5-10% على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، و11.35-8.65% لمسحوق الشوندر الأحمر، ويرتفع محتوى الرماد من1.38إلى 2.15% مع زيادة النسبة من 5-10% على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، و1.82% الشوندر الأحمر بنسبة 10% مع البيض.
- رفع مسحوق السبانخ محتوى الألياف الخام من 0.56 إلى0.87% مع زيادة النسبة من 5-10% على التوالي، ارتفع محتوى الألياف الخام من 0.56 إلى0.87% مع زيادة النسبة من 5إلى 10 % على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، وتكون نسبة الألياف الخام عند نسبة شوندر أحمر10% بدون بيض 0.85%.
- أثرت إضافة السبانخ بشكل معنوي في زمن طبخ المعكرونة وتؤدي رفع النسبة إلى 10% إلى زيادة زمن طبخ المعكرونة 17.6 دقيقة و29.5 دقيقة بالنسبة للشوندر الأحمر.
- تؤثر إضافة البيض إلى المعكرونة في خفض نسبة الماء الممتص بشكل معنوي بينما يرفع مسحوق السبانخ والشوندر الأحمر نسبة الماء الممتص عند رفع نسبة الإضافة من 5 إلى 10%، بلغ متوسط حجم المعكرونة مع البيض وعند نسبة 10% سبانخ 175.05%، بينما أعلى قيمة لحجم المعكرونة الناتجة عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر10% بدون إضافة بيض 203.37%.

- وجد أن إضـافة مسـحوق السـبانخ 10%إلى المعكرونة المحضـرة مخبرياً والداخل في تصـنيعها البيض كانت الأفضل من ناحية المواصفات الخاصة بطبخ المعكرونة، بينما يفضل النسبة 5% لمسحوق الشوندر الأحمر بدون بيض.

سادساً– التوصيات والمقترحات:

- يوصـى بإضـافة مسـاحيق الخضـار عامة في عملية تصـنيع المعكرونة مع الانتباه إلى نسـبة الألياف الموجودة فيها.
- إدخال البيض في تصنيع المعكرونة أفضل.
- دراسة إضافة أنواع أخرى من مخلفات تصنيع الفواكه مثل العنب.

المراجع:

[1] **In Arabic**: Syrian Standard Specification No. 236 dated 11/27/2019 Effective date of the specification 5/27/2020, www.samo.org.y

[2] Shyam, S., Nishi, S. K., Ni, J., Martínez-González, M. Á., Corella, D., Schröder, H., ... & Salas-Salvadó, J. (2025). Pasta Consumption and Cardiometabolic Risks in Older Adults with Overweight/Obesity: A Longitudinal Analysis. **Journal of the American Nutrition Association,** 1-13.

[3] Fuad, T., & Prabhasankar, P. (2010). Role of ingredients in pasta product quality: A review on recent developments. **Critical reviews in food science and nutrition**, *50*(8), 787-798.

[4] Giuberti, G., & Gallo, A. (2018). Reducing the glycemic index and increasing the slowly digestible starch content in gluten- free cereal- based foods: A review. **International Journal of Food Science & Technology,** *53*(1), 50-60.

[5] Wang, J., Brennan, M. A., Serventi, L., & Brennan, C. S. (2022). Impact of functional vegetable ingredients on the technical and nutritional quality of pasta. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** *62*(22), 6069-6080.

[6] Bouta S., (2022). Effect of adding wheat germ on the rheological properties of two wheat flour types that differ in extraction rate. **Al-Baath University**

Journal Agricultural Engineering and Biotechnology Series Volume 44 Issue 08

[7] Alamprese, C. (2017). The use of egg and egg products in pasta production. In **Egg innovations and strategies for improvements** (pp. 251-259). Academic Press.

[8] Kumar, G. S., Sh, A., Krishnan, R., & Mohammed, T. (2021). Pasta: Raw materials, processing and quality improvement. ***Pharma Innov.*** *J*, *10*, 185-197.
[9] Székely, D., & Máté, M. (2022). Red beetroot (Beta vulgaris L.). In ***Advances in Root Vegetables Research***. Intech Open.

[10] Raji, B. A. (2023). Chemical Composition and Bioactivities of African Spinach (Amaranthus viridis) Grown on Four Different Sites (Master's thesis, Kwara State **University (Nigeria)).**

[11] Padalino, L., Conte, A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., pellicanò, T., & Del Nobile, M. A. (2017). Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fiber, **Czech Journal of Food Sciences,** Vol. 35, 1
[12] Sobota, A., Wirkijowska, A., & Zarzycki, P. (2020). Application of vegetable concentrates and powders in colored pasta production, International Journal of Food Science and Technology, Vol. 55, 6, 2677–2687.
[13] Fratianni, A., Vitone, C., D'Agostino, A., Trivisonno, M. C., Falasca, L., & Panfili, G. (2024). Development of functional pasta enriched with green leafy vegetables: impact on liposoluble compounds, nutritional, technological and sensorial quality. **International Journal of Food Science and Technology**, *59*(2), 1121-1128.

[14] Wang, J. (2023). Technical and nutritional properties of vegetable enriched pasta utilising juice and pomace from spinach, red cabbage, beetroot and carrot: A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at Lincoln University (Doctoral dissertation, Lincoln University).

[15] Teterycz, D., & Sobota, A. (2023). Use of High-Protein and High-Dietary-Fibre Vegetable Processing Waste from Bell Pepper and Tomato for Pasta Fortification***. Foods***, Vol. 12(, 13), 2567, 1-18.

[16] Panditrao, M. P., & Yadav, K. C. (2022). Development and quality evaluation of pasta incorporated with beetroot powder. **The Pharma Innovation Journal,** 11(2), 1676-1681

[17] AACC (2000) Approved methods of the American association of cereal chemists. American Association of Cereal Chemists Inc, St. Paul

[18] AOAC. (2002). Official analytical chemists, official methods of analysis. Edited by AOAC. 16th ed. Volume. 2. Washingtone DC

[19] Padalino, L., Costa, C., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2019). Extract of Salicornia European in fresh, pasta to enhance phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food, Science & Technology**, 54(11), 3051-3057

[20] Shere, P. D., Devkatte, A. N., & Pawar, V. N. (2018). Studies on production of functional noodles with incorporation of spinach puree. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, *7*(6), 1618-1628

[21] de Oliveira Filho, J. G., Lemes, A. C., Cruz Filho, R. P., Guimarães, R. M., Oliveira, K. L., Santana, G. S., ... & Egea, M. B. (2021). Red pasta: what is the technological impact of the enrichment of beet ingredient in fresh pasta? **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, *13*(2), 46-55.

[22] Iacobellis, I., Lisi, A., Vacca, M., Apa, C. A., Celano, G., Mancini, L., & De Angelis, M. (2024). Nutritional, biochemical, and functional properties of spinach leaf-enriched dough: A healthier alternative to conventional pasta. **Foods,** *13*(22), 3608.

اصطناع مركب نانوي خماسي من قشور الجوز ووسيط مستهلك لمعالجة مياه صرف المصافي وأبراج التبريد

اعداد الباحثة: د. فطمه سليمان علوش

الملخص:

تشكل مياه الصرف الصناعي المعقدة، خاصة منصرفات مصافي النفط وأبراج التبريد، تحدياً بيئياً يتطلب حلولاً متقدمة تتجاوز الطرق التقليدية. تقدم الدراسة محفزاً ضوئياً نانوياً خماسياً محسناً بتركيب متآزر يجمع فصل فعال للشحنات تحت $TiO_2/Fe_3O_4/BiVO_4/ZnO/AC$ (TFBAZ) الضوء المرئي، استرجاع مغناطيسي سريع، خاصية مضادة للأغشية الحيوية، وكربون منشط عالي المسامية من قشور الجوز لتعزيز الامتزاز. تم تطبيق النظام مع معالجة متقدمة تشمل التخثير المحسن (باستخدام كلوريد الحديدي الجير، البنتونايت، والبولي أكريلاميد)، الترشيح العميق، التبادل الأنيوني، والأكسدة التحفيزية. حققت المنظومة إزالة فائقة للفينولات (99%)، والزيوت والشحوم (99.5%)، ومتطلب الاكسجين الكيميائي (COD) بنسبة 98% في مياه المصفاة، وخفضاً مماثلاً في مياه أبراج التبريد خلال 180 دقيقة. تبين كفاءة التشغيل تحت ضوء الشمس الطبيعي، مما يعزز الجدوى الاقتصادية. يدمج البحث مبادئ الاقتصاد الدائري من خلال تحويل حمأة المعالجة إلى طوب بناء مطابق للمواصفات، واستخدام قشور الجوز والوسيط المستهلك (V_2O_5) في تركيب المحفز، مقدماً حلاً مستداماً لمخلفات الصناعات الخطرة.

الكلمات المفتاحية: الاقتصاد الدائري، أبراج التبريد، أكسيد الزنك، تفكك الفينول، عمليات الأكسدة المتقدمة، فانادات البزموث، متطلب الأكسجين الكيميائي، مركب نانوي مغناطيسي، مياه صرف مصافي النفط.

From Dual Waste to Resources: A Quinary Nanocomposite from Walnut Shells and Spent Catalyst for Refinery and Cooling Tower Wastewater Treatment and Brick Manufacturing)

Abstract:
Industrial wastewater, especially from oil refineries and cooling towers, poses increasing environmental challenges requiring advanced solutions beyond conventional methods. This study presents an enhanced five-component nanophotocatalyst $TiO_2/Fe_3O_4/BiVO_4/ZnO/AC$ (TFBAZ) combining efficient charge separation under visible light, rapid magnetic recovery, anti-biofilm properties, and highly porous activated carbon from walnut shells for improved adsorption. The system integrates advanced treatment including optimized coagulation (ferric chloride, lime, bentonite, polyacrylamide), deep filtration, anion exchange, and photocatalytic oxidation. It achieved excellent removal of phenols (99%), oils and grease (99.5%), and (chemical oxygen demined) COD (98%) in refinery wastewater, with similar reductions in cooling tower water within 180 minutes. The process operates efficiently under natural sunlight, enhancing economic viability. The study applies circular economy principles by converting treatment sludge into compliant building bricks and using walnut shells and spent catalyst ((V_2O_5)) in catalyst synthesis, offering a sustainable solution for hazardous industrial waste.

Keywords: Advanced Oxidation Processes; Bismuth Vanadate; circular Economy; Chemical oxygen demined; Cooling Tower Blowdown; Petroleum Refinery Wastewater; Phenol Degradation; Magnetic Nanocomposite; Zinc Oxide.

1. المقدمة:

يُمثل التخلص الآمن والمستدام من مياه الصرف الصناعي المعقدة، خاصة تلك الناتجة عن قطاع تكرير النفط وأنظمة أبراج التبريد، أحد أبرز التحديات البيئية الراهنة. تتميز هذه التدفقات السائلة بتراكيز عالية من الملوثات الثابتة والعصية على التحلل الحيوي مثل الفينولات، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، مثبطات التآكل الفوسفاتية، والأمونيا، بالإضافة إلى ارتفاع محتوى الأملاح الذائبة الكلية [1, 2] . تنتج معالجة برميل واحد من النفط الخام حوالي 0.4 إلى 1.6 برميل من مياه الصرف الصناعي، التي تحتوي على تراكيز عالية من المركبات الفينولية المقاومة للتحلل، تصل إلى 6000mg/L في بعض الحالات. بسبب سميتها العالية، تفرض المعايير البيئية حدوداً صارمة، حيث تحدد المواصفة السورية لمياه الري حدًا أقصى 0.002mg/L ، بينما تحدد وكالة حماية البيئة الأمريكية الحد المسموح به بين 0.1–0.3 mg/L. يعزى قصور أساليب المعالجة البيولوجية التقليدية تجاه هذه المركبات إلى سمّيتها العالية وضعف قابليتها للتحلل الحيوي، مما يؤدي إلى قيم منخفضة لنسبة (<0.3) BOD/COD[3] . من هنا، برزت عمليات الأكسدة المتقدمة (AOPs)، وعلى رأسها التحفيز الضوئي غير المتجانس، كتقنيات معالجة متطورة وأساسية تُستخدم عادةً في مرحلة المعالجة الثالثية لتحسين فعالية إزالة الملوثات المعقدة. لطالما اعتُبر ثنائي أكسيد التيتانيوم (TiO_2) "المعيار الذهبي" للمحفزات الضوئية، غير أنه يعاني من قيدين أساسيين: فجوة نطاق عريضة (~3.2 إلكترون فولت) تحصر نشاطه في نطاق الأشعة فوق البنفسجية (أقل من 5% من الطيف الشمسي)ومعدل إعادة اتحاد سريع لحاملات الشحنة المتولدة ضوئياً مما يحد من كفاءته الكمومية [4,5]. تمحورت جهود تطوير هذا المحفز حول هندسة استجابته للضوء المرئي عبر استراتيجيات: كتشكيل مزدوجات غير متجانسة مع أشباه موصلات ذات فجوة نطاق أضيق مثل فانادات البزموت ($BiVO_4$) (Eg ≈ 2.4 eV) [6, 7]. في سياق متصل، يتيح دمج جسيمات نانوية مغناطيسية (Fe_3O_4) حلاً عملياً لمشكلة استرجاع المحفز، في حين أن دمج مواد مازة فائقة المسامية كالكربون المنشط (AC)يُسهم في تركيز الملوثات بجوار المواقع التحفيزية عبر آلية "الامتزاز والنقل" مما يعزز سرعة التفاعل [8,9].ورغم التقدم الكبير في تصميم المحفزات، إلا أن تطبيقها على نطاق صناعي حقيقي لمياه مصافي النفط وأبراج التبريد يواجه تحديات إضافية حرجة، أبرزها:

1. التسمم الحيوي : تحتوي مياه أبراج التبريد على بكتيريا وطحالب تشكل أغشية حيوية على سطح المحفز، مما يحجب المواقع النشطة ويُفقد المحفز كفاءته.

2. التحميل العضوي العالي والزيوت المستحلبة: تحتاج مياه المصافي إلى معالجة أولية متقدمة لتكسير المستحلبات وإزالة المواد الصلبة العالقة قبل مرحلة التحفيز الضوئي.

2. هدف البحث وأهميته:

تهدف هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة تحديداً عبر تطوير منظومة متكاملة تشمل:

1. تخليق محفز نانوي خماسي غير مسبوق ($TiO_2/Fe_3O_4/BiVO_4/ZnO/AC$) يُشار إليه اختصاراً بـ TFBAZ، مزود بجسيمات أكسيد الزنك (ZnO) لمقاومة الأغشية الحيوية.

2. تصميم سلسلة معالجة أولية محسّنة تعتمد على كلوريد الحديدي الجير (أكسيد الكالسيوم)، البنتونايت، والبوليمر لمعالجة منصرفات مصفاة حمص وأبراج التبريد.

3. تقديم تحليل لكفاءة الطاقة وإثبات جدوى التشغيل تحت أشعة الشمس.

4. تثمين الحمأة الكيميائية الناتجة وتحويلها إلى مواد بناء ضمن إطار الاقتصاد الدائري.

3. طرائق البحث ومواده

أ- المواد الكيميائية المستخدمة

جميع المواد الكيميائية المستخدمة ذات درجة نقاء تحليلية واستُخدمت دون تنقية إضافية. ثنائي أكسيد التيتانيوم (TiO_2، طور الروتايل، 99.8%، Sigma–Aldrich)، نترات البزموت خماسي الهيدرات ($Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$، ≥98%)، ميتافانادات الأمونيوم (NH_4VO_3)، وسيط مستهلك من مصنع إنتاج حمض الكبريت في حمص (تم الاستفادة من وسيط خامس أكسيد الفاناديوم المستهلك الناتج من مصنع إنتاج حمض الكبريت في معمل الأسمدة بحمص، حيث تم استرجاع هذا الوسيط وتحويله إلى فانادات الأمونيوم. وقد استخدمت هذه الفانادات لاحقًا في تصنيع فانادات البزموت. يعكس هذا الاستخدام إعادة تدوير فعالة للمواد الكيميائية، مما يساهم في تعزيز الاستدامة والجدوى الاقتصادية للعملية المقترحة)، هيدروكسيد الصوديوم (NaOH، 97%)، حمض الآزوت (HNO_3، 65%)، فوق كبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_8$، 98%)، كلوريد الحديد سداسي الهيدرات ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$، 99%)، كلوريد الحديدي رباعي الهيدرات ($FeCl_2 \cdot 4H_2O$، 99%)، أكسيد الكالسيوم (CaO، الجير الحي)، البنتونايت الطبيعي، بولي أكريل اميد أنيوني (PAM)، خلات الزنك ثنائي الهيدرات ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$)، كحول الأيزوبروبانول (99.8%)، قشور الجوز المحلية.

ب- الأجهزة المستخدمة في القياس:

مجهر إلكتروني (SEM)	مجفف	مرمدة
جهاز سبيكترو فوتوميتر	جهاز Bet لقياس السطح النوعي	مقياس اللون
جهاز ultra sound	مقياس الناقلية الكهربائية	مقياس العكارة

ت- المحفز الخماسي (TFBAZ) :

تم تخليق المركب النانوي الخماسي وفق منهجية من ثلاث خطوات متتابعة مع النسب الوزنية المثلى المبينة في الجدول (1).

الجدول (1): النسب الوزنية المثلى لمكونات المحفز الخماسي TFBAZ

المكون	الرمز	النسبة الوزنية%	الوظيفة الأساسية
الكربون المنشط	AC	67%	دعامة مسامية للامتزاز
ثنائي أكسيد التيتانيوم	TiO_2	15%	التحفيز الضوئي الأساسي
فانادات البزموت	$BiVO_4$	10%	توسيع الامتصاص للضوء المرئي
أكسيد الحديد المغناطيسي	Fe_3O_4	5%	الفصل المغناطيسي السريع
أكسيد الزنك	ZnO	3%	مقاومة الأغشية الحيوية

الخطوة الأولى: تحضير المواد النانوية الفردية

· تحضير فانادات الأمونيوم من الوسيط المستهلك: يُخلط ماءات الأمونيوم (120g/L) وكلوريد الأمونيوم (80g/L) مع وسيط خامس أكسيد الفاناديوم المستهلك (300g/L)، يُسخن عند 80°م لمدة 30 دقيقة، يُرشح الراسب، يُغسل ويُجفف عند 110°م.

· تحضير فانادات البزموت : يُذاب 5.3g من فانادات الأمونيوم في 250 مل ماء مقطر، ويُخلط مع 18g نترات البزموت في 100 مل ماء. يُضبط pH المزيج إلى2 باستخدام HNO_3 (0.1 N) ويُحرك 30 دقيقة. بعد ذلك، يُرفع pH ببطء إلى 10-9.5 باستخدام هيدروكسيد الأمونيوم كمختر لضمان الترسيب المشترك. يُسخن المزيج عند 80°م لمدة ساعتين، يُبرد، يُرشح، يُغسل، يُجفف عند 300°م، ثم يُكلس عند 400°م لمدة 3 ساعات.

· تحضير TiO_2 النانوي: يُذاب 1g من TiO_2 في 6 مل إيزوبروبانول و10 مل مستخلص أوراق الشاي، يُضاف H_2O_2 لتشكيل هلام. يُضبط pH إلى 6.5 ثم إلى 7، يُسخن عند 80°م، يُجفف ويُكلس عند 400°م.

· تحضير Fe_3O_4: يُخلط كلوريد الحديد الثنائي (3.81g) والثلاثي (2.44g) في ماء، يُسخن عند 40°م، يُضاف NH_4OH حتى pH=9−10، يُحرك حتى ظهور راسب أسود، يُغسل ويُجفف.

· معالجة قشور الجوز وتحضير الكربون المنشط: تُغسل القشور، تُجفف، تُطحن، تُنخل، تُعالج بحمض HCl (0.1 N)، تُغسل، تُجفف، ثم تُكربن عند 450°م لمدة ساعتين. يُغسل الكربون الناتج بحمض HCl (0.2 N) ثم بالماء المقطر حتى التعادل، ويُجفف.

الخطوة الثانية: تعديل الكربون المنشط بأكسيد الزنك (AC−ZnO):

قبل تحميل المركب النانوي، تم تعديل الكربون المنشط (AC) بإضافة 3% وزناً من أكسيد الزنك. تم ذلك عن طريق نقع 67g من الكربون المنشط في 200 مل من محلول خلات الزنك 0.1 M تحت التحريك لمدة ساعتين. تمت إضافة قطرات من NaOH (1 M) ببطء حتى الوصول إلى pH=8 لتشكيل هلام ZnO داخل مسام الكربون. يُجفف المزيج عند 105°م لمدة 12 ساعة، ثم يُكلس عند 300°م لمدة ساعتين للحصول على الكربون المعدل.

الخطوة الثالثة: تحضير المركب الهجين وتحميله على الكربون المعدل(AC−ZnO)

يُخلط معلق 15g TiO_2 و 10g $BiVO_4$ و 5g Fe_3O_4 في ماء منزوع الأيونات. يُضبط pH إلى 3 باستخدام حمض الخل وحمض الآزوت، ثم يُخلط لمدة 30 دقيقة. يُضاف الكربون المعدل (AC−ZnO)(67g) إلى المزيج ويُحرك لمدة ساعة. يُنقل المزيج إلى أوتوكلاف عند 90°م لمدة ساعة واحدة لتعزيز التبلور والتماسك. بعد التبريد، يُفصل المحفز الناتج (TFBAZ) مغناطيسياً، يُغسل ثلاث مرات بالإيثانول والماء، ويُجفف عند 60°م لمدة 24 ساعة.

ث− عينات مياه الصرف:

جُمعت عينات مياه الصرف من مصدرين رئيسيين في سوريا:

· منصرفات مصفاة حمص: عينة مركبة على مدار 24 ساعة من المصب الرئيس للمصفاة.

· منصرفات أبراج التبريد :عينة من نظام تبريد صناعي مرتفع الملوحة.

حُفظت العينات في حافظات مبردة عند 4°م وتم توصيفها كيميائياً. يلخص الجدول (2) خصائص مياه الصرف الخام.

الجدول (2): خصائص مياه الصرف الصناعي الخام المستخدمة في الدراسة

المعامل	الوحدة	منصرفات المصفاة	منصرفات أبراج التبريد
الرقم الهيدروجيني	pH	8.2	7.8
العكارة	NTU	35	15
المواد الصلبة الذائبة	mg/L	6200	2500
الناقلية الكهربائية	µS/cm	9800	7200
COD	mg/L	2300	350
الفينولات	mg/L	28	2.5
الزيوت والشحوم	mg/L	1200	4
الكلوريدات	mg/L	2600	1800
الفوسفات	mg/L	15	45
العسر الكلي	mg/L $CaCO_3$	850	1100

ج- منظومة المعالجة المتكاملة (مُصممة لمنصرفات المصافي والتبريد)

تم تصميم سلسلة المعالجة على النحو التالي لضمان أقصى كفاءة قبل مرحلة التحفيز الضوئي:

1. التخثير الكيميائي المتقدم (Advanced Coagulation–Flocculation):

· المرحلة (أ) – الترسيب القلوي: تُضاف جرعة 600mg/L من أكسيد الكالسيوم (CaO) إلى عينة مياه المصفاة تحت خلط سريع (150rpm) لمدة دقيقتين لرفع pH إلى 10. هذه الخطوة تؤدي إلى ترسيب أيونات العسر (Ca^{2+}، Mg^{2+}) والمعادن الثقيلة على شكل كربونات وهيدروكسيدات، والتي تعمل كمواد مساعدة على حجز القطرات الزيتية الدقيقة.

ملاحظة: أجريت تجارب استطلاعية لتحديد الجرعة الأفضل من أكسيد الكالسيوم ودرجة الحموضة الأفضل وتم اعتماد القيمة600mg/L و pH=10 بناء على تلك التجارب.

· المرحلة (ب) – تكسير المستحلب: يُخفض pH قليلاً إلى 7–6.5 بإضافة حمض الكبريت ، ثم تُضاف جرعة 350mg/L من كلوريد الحديد $FeCl_3$. تعمل شوارد الحديد على تحييد الشحنات السالبة لمثبطات التآكل وتكسير مستحلبات الزيت/الماء.

· المرحلة (ج) – التثقيل والتجميع: تُضـــاف جرعة 150mg/L من البنتونايت كمادة مثقلة ، يليها 0.5mg/L من البولي أكريل اميد الأنيوني تحت خلط بطيء 30rpm لمدة 15 دقيقة لتكوين رقائق كبيرة سريعة الترسيب.

أجريت تجارب أولية تم من خلالها تحديد كل من جرعة كلوريد الحديد والبنتونايت وبولي أكريل أميد المناسبة والتي تحقق أفضل فصل وأقل كلفة وأقل حمأة.

· الترسيب: تُترك العينة لمدة 60 دقيقة في حوض ترسيب.

2. الترشيح والتبادل الأنيوني:

· يُمرر الرائق العلوي عبر مرشـــح رملي ثنائي الوســـط (رمل + الفحم الفعال) لإزالة أي مواد صـــلبة عالقة متبقية (TSS).

· يُمرر الماء بعد ذلك عبر عمود تبادل أنيوني (راتنج قلوي قوي) لخفض تراكيز الكلوريدات والكبريتات التي تستهلك الجذور الحرة المؤكسدة في المرحلة اللاحقة.

3. المعالجة الإضافية – عمود الحماية :

· قبل دخول المفاعل الضوئي، يتم تمرير المياه المعالجة أولياً عبر عمود كربون منشط حبيبي مصنع من قشور جوز الهند. الهدف من هذه المرحلة ليس المعالجة النهائية، بل حماية المحفز النانوي (TFBAZ) من التسمم بأي أثر لبقايا الهيدروكربونات العطرية الثقيلة أو الزيوت الحرة المتبقية من مرحلة التخثير.

تم اختيار الكربون المنشط من قشور جوز الهند لأنه يتميز بصلابة عالية ومقاومة للتآكل أثناء الغســـيل العكســـي، كما أن حجم الحبيبات (12x40 mesh) يوفر توازناً مثالياً بين مســـاحة السطح العالية وفقد الضغط المنخفض.

4. الأكسدة التحفيزية الضوئية:

· يُضـــبط pH المياه الخارجة من عمود الكربون المنشـــط الحبيبي إلى6 (وهي القيمة المثلى المحددة تجريبياً للمحفز (TFBAZ).

· تُضاف جرعة 1g/L من المحفز TFBAZ وجرعة 1g/Lمن فوق كبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_8$) كمؤكسد مساعد.

· يُحرك المزيج في الظلام لمدة 60 دقيقة للوصول إلى توازن الامتزاز.

· يُشعَّع المزيج باستخدام مصباح LED مرئي (450 نانومتر، 150 واط) أو ضوء الشمس الطبيعي المركز لمدة 360 دقيقة.

· يُفصل المحفز مغناطيسياً بعد انتهاء التفاعل لإعادة استخدامه.

يزيل التحفيز الضوئي الملوثات العضوية الثابتة مثل الفينولات، المركبات المسببة للطعم والرائحة الكريهة، والمعادن الثقيلة عن طريق تقليلها إلى شكل أقل سمية قابل للترسيب، بالإضافة لتدمير الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا وفيروسات) بتكسير جدرانها الخلوية ومادتها الوراثية. يتم ذلك عبر توليد جذور حرة شديدة التفاعل (•OH) و ($SO_4^{\bullet-}$) تعمل كمقصات كيميائية نانوية، تهاجم الملوثات العضوية وتفككها تدريجياً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء.

–COD يعبر عن "المحتوى العضوي الإجمالي" في عينة الماء. هو مقياس لكمية الأكسجين اللازمة لأكسدة جميع المواد العضوية القابلة للأكسدة كيميائياً في العينة (بغض النظر عن نوعها: فينولات، هيدروكربونات، زيوت، أحماض عضوية وسيطة... إلخ) وتحويلها إلى نواتج نهائية غير عضوية CO_2 و H_2O.

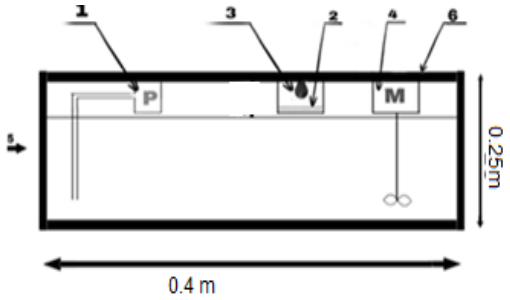
لقياس تفكك الفينول بشكل نوعي ودقيق ومحدد، لا يجوز الاعتماد على COD وحده. يجب استخدام تقنية تحليلية تقيس الفينول تحديداً. طريقة القياس: هي طريقة 4–أمينوأنتيبيرين ·

ح- المفاعل التجريبي:

يتكون المفاعل التجريبي كما يوضح الشكل **(1)** مما يلي:

مضخة هواء **(1)** لتوفير فقاعات الهواء بمعدل 3.5L/min، بينما تُوضع عدسة **(2)** بقطر يبلغ 0.13m على بعد0.12m من سطح السائل لتركيز الضوء، بالإضافة لمصباح ضوء مرئي بنفسجي بطول موجة 400nm **(3)**. كما يُستخدم خلاط ميكانيكي ذو سرعة متغيرة قادر على الخلط بسرعة قصوى تبلغ 300rpm **(4)**. المفاعل زجاجي مستطيل الشكل مغلق بأبعاد 0.4 m *0.15 m * 0.25 m، يتميز بزوايا مشطوفة مصممة لمنع تجمع السائل **(5)**. غطاء المفاعل من الفولاذ المقاوم للصدأ قابل للتحريك **(6)**. يعرض الشكل (1) المفاعل التجريبي مع مقطع أمامي خاص به.





الشكل (1) المفاعل التجريبي والمقطع الأمامي الخاص به

4. النتائج والمناقشة:

أ. توصيف المحفز TFBAZ

· المساحة السطحية (BET): بلغت المساحة السطحية للمحفز الخماسي النهائي 980m^2/g، وهي اقل من المساحة السطحية للفحم الفعال المحضر (1500m^2/g) نتيجة إغلاق بعض المسام بالجسيمات النانوية المحملة، لكنها تبقى قيمة استثنائية كما هو واضح بالجدولين(3) و(4) اللذين يوضحان خواص الكربون المنشط والمحفز النانوي.

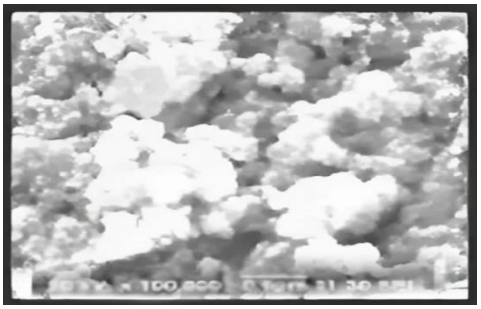
الجدول (3) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكربون المنشط المستخدم.

الخاصية	القيمة	الواحدة	طريقة القياس
المساحة السطحية	1500 ± 50	m^2/g	قياس امتزاز النيتروجين
حجم المسامات الكلي	0.85	cm^3/g	قياس امتزاز النيتروجين
متوسط قطر المسامات	2.1	nm	طريقة BJH
محتوى الرطوبة	8.5%		التجفيف عند 105°م
الرقم الهيدروجيني	5.8		قياس في معلق 10%
محتوى الرماد	0.35%		الحرق عند 650°م
الكثافة الظاهرية	110	g/l	قياسي ASTM D2854

الجدول(4) خصائص الوسيط TFBAZ النانوي المحضر

component	Weight percentage%	Bet surface area(m2/g)	Particles size(nm)
TiO_2	15	100	40
$BiVO_4$	10	120	30
Fe3O4	5	160	30
ZnO	3	190	33
AC	67	1500	43
composite	100	1000	40

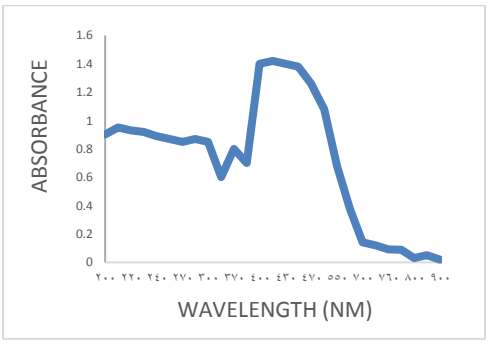
· المجهر الإلكتروني (SEM): أظهرت صورةSEM للوسيط توزعاً متجانساً لجسيمات (TiO_2 ~40nm) ، ($BiVO_4$ ~30nm)،(Fe_3O_4 ~30nm)، و(ZnO~33nm) على سطح وداخل مسام الكربون المنشط الشكل(2).



الشكل(2) صورة SEM للوسيط TFBAZ النانوي المحضر

· الخصائص المغناطيسية: أظهر المحفز مغناطيسية تشبع كافية لفصله عن الوسط المائي خلال أقل من 50 ثانية باستخدام مغناطيس خارجي.

· الخصائص البصرية (UV–Vis DRS): أظهر المركب TFBAZ امتصاصاً ممتداً حتى 500 نانومتر الشكل(3)، مما يؤكد نجاح تشكل المزدوج غير المتجانس بين TiO_2 و $BiVO_4$.



الشكل(3) UV–Vis DRS للوسيط TFBAZ

ب. أداء المعالجة الأولية

أثبتت مرحلة التخثير المتقدم (بولي أكريل أميد + Bentonite + $FeCl_3$ + CaO) فعالية فائقة في إزالة 74% من COD و 95% من الزيوت والشـحوم و 99% من المواد الصـلبة العالقة قبل دخول المفاعل الضـوئي. كما نجح عمود التبادل الأنيوني في خفض الكلوريدات بنسـبة >90% ، مما قلل من استهلاك الجذور الحرة.

ج. كفاءة التحفيز الضوئي

· إزالة COD والفينول: تحت الضـوء المرئي المحاكي، حققت المنظومة المتكاملة إزالة 98% من الفينولات و 96% من COD لمنصـرفات المصـفاة خلال 180 دقيقة. بالنسـبة لمياه أبراج التبريد، تم تحقيق إزالة 95% من COD.

· الأداء الشمسي: أظهرت التجارب تحت ضوء الشمس الطبيعي أداءً مكافئاً تماماً للمصدر الصناعي (الضوء المرئي بطول موجة 400nm)، مما يؤكد الجدوى الاقتصادية.

· مقاومة الأغشـية الحيوية: أظهرت اختبارات التدوير لـ 5 دورات أن المحفز TFBAZالمحتوي علىZnO حافظ على 97% من نشاطه الأولي، مقارنة بـ 92% فقط للمحفز الرباعي بدون ZnO، مما يثبت فعالية أكسيد الزنك في كبح نمو الأغشية الحيوية في مياه أبراج التبريد.

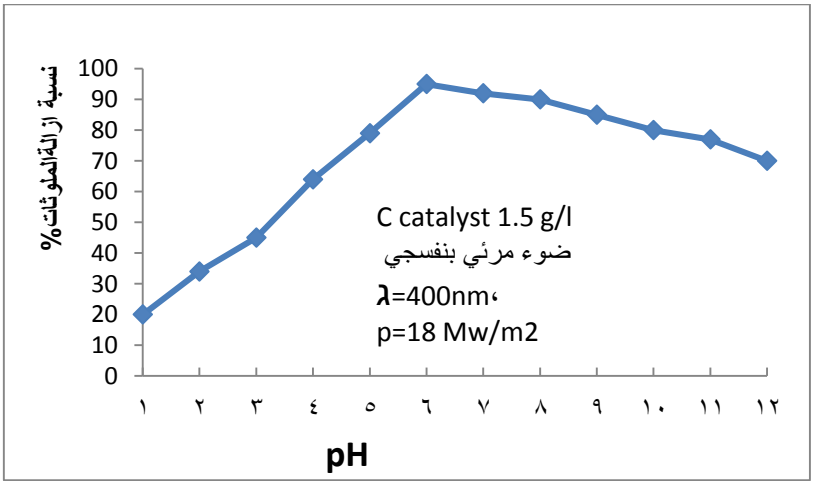
جدول(5) مواصفات وحدات المعالجة الأولية

الخاصية	عمود الكربون المنشط الحبيبي (GAC)	عمود التبادل الأنيوني	المرشح الرملي متعدد الوسائط
الوظيفة الأساسية	حماية المحفز من التسمم بآثار الزيوت والهيدروكربونات العطرية	إزالة الأنيونات المنافسة (Cl^-, SO_4^{2-}) التي تستهلك الجذور الحرة	إزالة المواد الصلبة العالقة وتقليل العكارة
المادة الفعالة	كربون منشط حبيبي من قشور جوز الهند	راتنج أنيوني قاعدي قوي (النمط الأول)	فحم فعال، رمل السيليكا، حصى خشن
حجم الحبيبات الفعال	0.5–1mm (12*40 mesh)	0.3–1.2mm	فحم 1–2mm ، رمل: 0.5–0.8mm، حصى خشنة6–13mm.
الكتثافة الظاهرية	0.4–0.55g/cm^3	0.65–0.75g/cm^3	فحم1.7–1.4: ، رمل: 2.6، حصى1.9–1.6:
المساحة السطحية (BET)	900 – 1100 m^2/g	غير محدد مسامية عالية	غير محدد
ارتفاع طبقة المادة	1–2m	0.5–2m	المجموع(0.9–1.4m). يتوزع كالتالي: فحم: 0.51m ، رمل: 0.38m ، حصى0.3m، دعامة الحصى: 12–18 بوصة
زمن التلامس	10 – 20 دقيقة	3 – 10 دقائق	5 – 15 دقيقة
طريقة التجديد	استبدال أو إعادة تنشيط حراري	محلول NaOH أو NaCl(4–10%)	غسيل عكسي بالماء والهواء
معدل التدفق السطحي	5–10 m^3/m^2/h	1–5m/h (سرعة خطية)	12–24 m^3/m^2/h
جودة المياه الخارجة	زيت وشحوم: < 1 ملغ\لتر ، COD: < 50 ملغ\لتر	كلوريدات: < 50 ملغ\لتر، كبريتات: < 100 ملغ\لتر	عكارة: < 1 NTU، TSS: < 5 ملغ/لتر

خ- العوامل المؤثرة على الأكسدة المتقدمة:

تأثير درجة الحموضة

تؤثر درجة الحموضة بشكل مهم على تفكيك الفينول والهيدروكربونات بواسطة الأكسدة الضوئية، لأنها تحدد شحنة سطح أشباه الموصلات (مثل أكسيد التيتانيوم، فانادات البزموت، أكسيد الحديد المغناطيسي) حسب نقطة الشحنة الصفرية (PZC) عند حموضة أقل من PZC، يكون سطح النواقل موجب الشحنة، مما يجذب الأنيونات، وعند حموضة أعلى، يصبح السطح سالب الشحنة ويجذب الكاتيونات. القيم الضعيفة الحمضية تعزز تكوين الأكسجين النشط وتقلل التفاعلات الجانبية، مما يسرع تفكيك الملوثات. تم اختبار تأثير الحموضة (12-3) باستخدام ضوء بطول موجي 400 نانومتر وتركيز 1.5g/L من الوسيط، وأظهرت النتائج تأثير درجة الحموضة الواضح على نسبة ازالة الملوثات من منصرفات المصافي كما في الشكل (4).



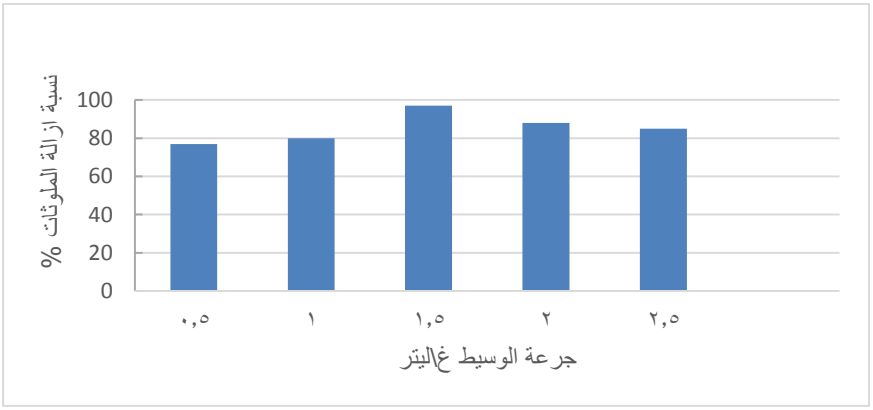
الشكل (4) تأثير الحموضة على نسبة ازالة الملوثات من منصرفات المصفاة

يبدو من الشكل **(4)** أن درجة الحموضة الابتدائية 6 تؤمن أعلى نسبة إزالة للفينول والهيدروكربونات. أخذت هذه القيمة من درجة الحموضة بعين الاعتبار في التجارب التالية.

تأثير جرعة الوسيط:

لدراسة تأثير جرعة الوسيط على نسبة ازالة الملوثات من منصرفات المصفاة، تم أخذ عينة بحجم 6 L من منصرفات المصفاة بحمص، مواصفاتها موضحة بالجدول (2). ضبطت درجة الحموضة الابتدائية للعينة على القيمة 6. تم استخدام ثلاث قيم مختلفة من تراكيز الوسيط (500 mg/L،

2000 mg/L،1000 mg/L) كل على حده لاختبار تأثير جرعة الوسيط على نسبة ازالة الملوثات من منصـرفات المصـفاة باسـتخدام ضـوء مرئي بنفسـجي بطول موجة 400nm. تم تثبيت درجة الحموضة الابتدائية على القيمة 6 وطول موجة الضوء المستخدم على القيمة 400 nm وتغيير جرعة الوسيط. تحسب نسبة ازالة الملوثات لكل قيمة من جرعة الوسيط وتمثل النتيجة بيانيا. أخذت عينات من مياه الصرف المعالجة بانتظام؛ تم حساب نسبة إزالة الفينول. وتوثيق النتائج وتوضيحها في الشكل (5).



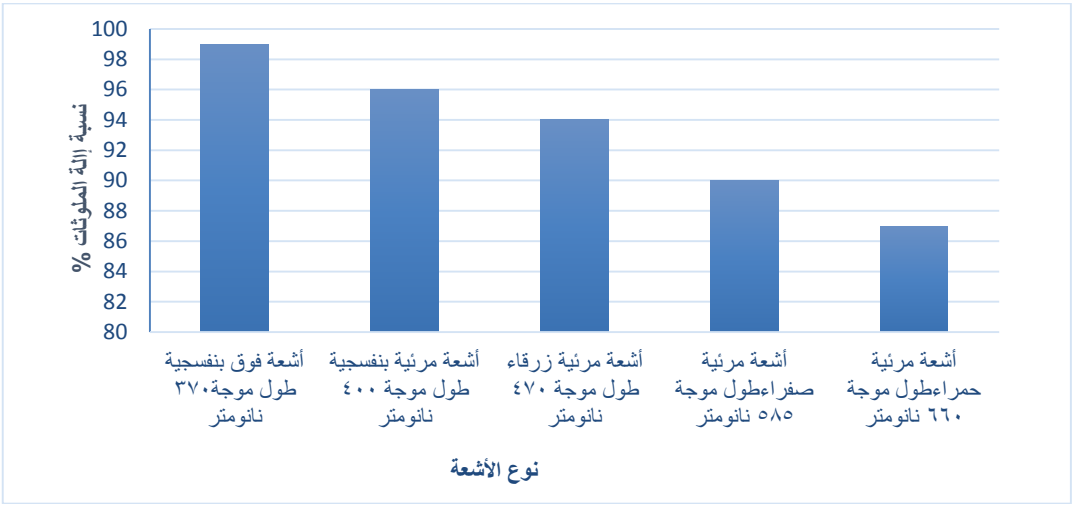
الشكل (5) تأثير جرعة المحفز على نسبة ازالة الملوثات

يُلاحظ من الشكل (5) أن جرعة المحفز الأفضل التي تحقق أعلى نسبة إزالة للفينول والهيدركربونات هي 1.5g/L، ويحقق نسـبة إزالة 97%. يؤدي رفع جرعة الوسـيط إلى ما فوق 1.5g/L إلى تقليل معدل الإزالة حتى88% . يمكن أن يعود ذلك إلى ظاهرة الحجب (تأثير الظل) التي تقلل من معدل الإزالة.

تأثير طول موجة الضوء المرئي المستخدم:

أجريت الأكسـدة المتقدمة لمنصـرفات المصـفاة باسـتخدام الوسـيط المحضـر مخبريا بتركيز 1.5g/L ودرجة حموضـة أولية6. تم اسـتخدام أطوال موجة مختلفة من الضـوء المرئي، وأشـعة فوق بنفسـجية بطول موجة 370 نانومتر، يشـمل الضـوء المرئي كل من الضـوء الأحمر المرئي بطول موجة 660 نانومتر، والضـوء الأصـفر المرئي بطول موجة 585 نانومتر، والضـوء الأزرق المرئي بطول موجة 470 نانومتر، والضوء البنفسجي المرئي بطول موجة 400

نانومتر كل على حده. تم أخذ عينات من الماء المعالج، وتم حسـاب نسـبة الإزالة. تم توثيق النتائج وتمثيلها في الشكل (6).

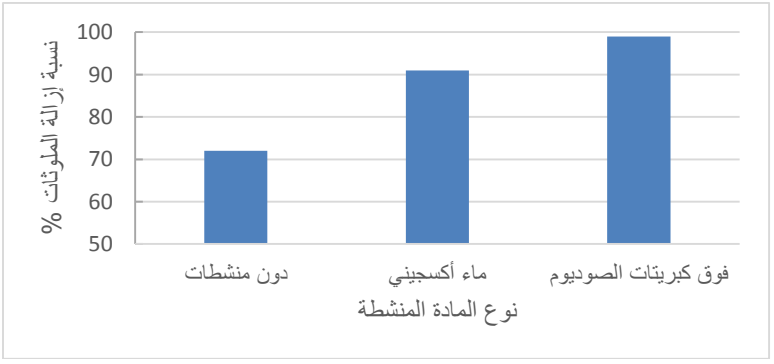


الشكل (6) تأثير نوع الأشعة على نسبة إزالة الفينول والمواد العضوية

يبدو من الشكل (6) أن الضوء البنفسجي المرئي يحقق أعلى معدل إزالة للفينول والCOD (الملوثات).

تأثير نوعية المادة المنشطة للأكسدة المتقدمة وتركيزها:

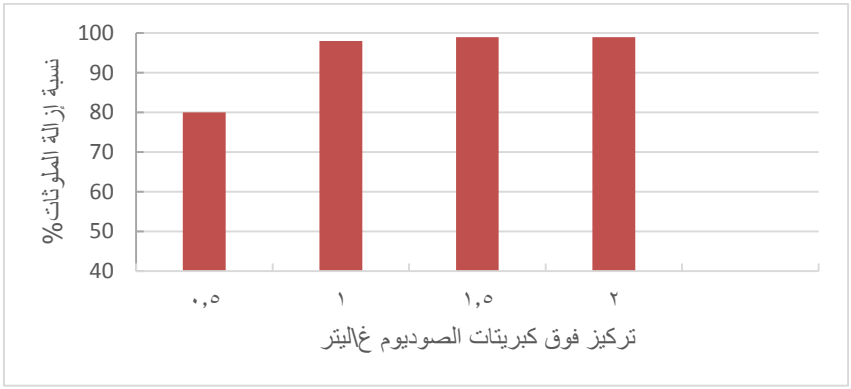
تم دراسة تأثير نوع وتركيز المواد المنشطة للأكسدة المتقدمة على إزالة الفينول والهيدروكربونات من مياه المصفاة باستخدام عملية الأكسدة الضوئية غير المتجانسة (AOP) .أُجريت التجارب باستخدام الوسيط النانوي بتركيز (1.5g/L) مع وجود فوق كبريتات الصوديوم (1g/L) كمصدر للجذور الحرة، وباستخدام الأمواج فوق الصوتية والضوء البنفسجي (400nm) كذلك أُعيدت التجارب بدون فوق كبريتات صوديوم وأخرى مع ماء أكسجيني (1g/L) تم تحليل النتائج وتوضيحها في الشكل (7).



الشكل (7) تأثير نوع المادة المنشطة على نسبة ازالة الملوثات

يظهر من الشكل البياني (7) أن استخدام فوق كبريتات الصوديوم يؤمن كفاءة أعلى في إزالة الفينول والهيدروكربونات من استخدام الماء الأكسجيني. بالإضافة إلى أن وجود فوق كبريتات الصوديوم يزيد نسبة ازالة الملوثات من 72% بدون وجود فوق كبريتات الصوديوم إلى 99% بوجود فوق كبريتات الصوديوم.

أعيدت التجارب باستخدام تراكيز مختلفة من فوق كبريتات الصوديوم تتراوح بين 50–2000 mg/L لتحديد التركيز الأفضل لفوق كبريتات الصوديوم ومثلت النتائج بالشكل (8)



الشكل(8) تأثير تركيز فوق كبريتات الصوديوم على نسبة ازالة الملوثات

يتبين من الشكل **(8)** أن التركيز الأفضل لفوق كبريتات الصوديوم هو 1.5g/L كونه يؤمن أفضل نسبة إزالة للفينول.

د- الأداء تحت ضوء الشمس واستدامة المحفز وتثمين النفايات

· التشغيل بالطاقة الشمسية: أظهرت التجارب التي أُجريت تحت ضوء الشمس الطبيعي أن المنظومة حققت نسبة إزالة للفينول تجاوزت 98% خلال 4 ساعات، وهو أداء مكافئ تماماً للأداء تحت الضوء الصناعي. هذا يؤكد أن هذه التقنية يمكن تطبيقها في وحدات معالجة حقيقية تعتمد على الطاقة الشمسية المتجددة، مما يقلل التكاليف التشغيلية والبصمة الكربونية.

· ثباتية المحفز وإعادة استخدامه: أظهرت اختبارات التدوير أن المحفز TFBA حافظ على أكثر من 95% من نشاطه التحفيزي الأولي بعد خمس دورات متتالية من الاستخدام والاسترجاع المغناطيسي.

تثمين حمأة المعالجة: نجحت عملية تحويل حمأة التخثير إلى طوب بناء (بنسبة 30% حمأة حيث تُجفف حمأة التخثير وتطحن للحصول على مسحوق ناعم، ثم تخلط بنسبة 30% حمأة مع 70%

الطين الأحمر وتُعجن مع الماء. يُكبس الخليط في قوالب تحت ضـــغط 10 طن، ويُترك ليجف 48 سـاعة. أخيراً، يُشـوى الطوب ببطء عند 900–1000°م لمدة 24 سـاعة ليكتسـب الصـلابة والمتانة المطلوبة) في إنتاج طوب مطابق للمواصـفات القياسـية، حيث تجاوزت مقاومته على الانضـغاط 9 ميجاباسكال وكان امتصاصه للماء في حدود 13%. هذا المسار لا يحل مشكلة التخلص من النفايات الخطرة فحســب، بل يحولها إلى منتج ذي قيمة اقتصــادية، مجســداً بذلك نموذجاً عملياً للاقتصــاد الدائري.

نبين فيما يلي تركيب (بالوزن %) للطين الأحمر المستخدم:

– أكسيد الحديد (Fe_2O_3): 8% ، – السيليكا (SiO_2):55%

– الألومينا (Al2O3) 17% . الرطوبة: 27% قبل التجفيف

.حجم الحبيبات: متوسط الحجم (0.3–0.2mm).

الجدول (6) مواصفات المياه الناتجة النهائية بعد المعالجة بمنظومة TFBA المتكاملة

المعامل	الوحدة	منصرفات المصفاة قـــبـــل المعالجة	منصـــرفات المصـفاة بعد المعالجة	منصـرفات أبـــــراج التبريد قبل المعالجة	منصـرفات أبـــــراج التبريد بعد المعالجة	المواصفة السورية
الـــــرقـــــم الهيدروجيني	pH	8.2	7.2	7.8	7.2	6–9
العكارة	NTU	35	3	15	3	50
المواد الصـلبة الذائبة	mg/L	6200	496	2500	280	500
الـنـاقـلـيـة الكهربائية	µS/cm	9800	980	7200	500	1000
COD	mg/L	2300	77	350	40	75
الفينولات	mg/L	28	2.4	2.5	0.9	0.02–1
الـــزيـــوت والشحوم	mg/L	1200	1.2	4	0.08	5

الكلوريدات	mg/L	2600	250	1800	170	350
الفوسفات	mg/L	15	3.5	45	5.9	20
العسر الكلي	mg/L $CaCO_3$	850	85	1100	100	–

يظهر من الجدول ان المياه المعالجة تطابق المواصفة السوري للري No. 2580 of 2008.

تعد المواصفة السورية أكثر صرامة من الامريكية خاصة فيم يتعلق بالصلب المنحل والمتطلب الكيميائي من الأكسجين والزيت والشحم والكلوريدات والفوسفات.

ذ- التحليل الإحصائي وتقييم دلالة الفروق

للتحقق من أن الفروق الملحوظة في كفاءة إزالة COD والفينولات تعود إلى التأثير الحقيقي للمحفز الخماسي (TFBAZ) وليس لمحض الصدفة التجريبية، تم إجراء تحليل التباين الأحادي باستخدام برنامج (SPSSالإصدار 26) عند مستوى ثقة 95% ($\alpha = 0.05$) تمت مقارنة الأداء النهائي بعد 180 دقيقة بين ثلاثة أنظمة: (1) TiO_2 فقط، (2) المحفز الرباعي TFBA، و (3) المحفز الخماسي TFBAZ

الجدول (7) نتائج تحليل التباين الأحادي لكفاءة إزالة COD من منصرفات المصفاة

مصدر التباين	مجموع المربعات (SS)	درجات الحرية (df)	متوسط المربعات (MS)	قيمة F المحسوبة	مستوى الدلالة (p-value)
بين المجموعات	1156.4	2	578.2	44.5	0.0002
داخل المجموعات	78.0	6	13.0	–	–
المجموع الكلي	1234.4	8	–	–	–

· **تفسير النتائج الإحصائية:**

· بما أن قيمة P المحسوبة 0.0002 أقل بكثير من 0.05، فإننا نرفض الفرضية الصفرية (التي تنص على عدم وجود فروق بين أداء المحفزات).

· الخلاصة الإحصائية: هناك دلالة إحصائية قوية جدا تؤكد أن إضافة فانادات البزموت وأكسيد الزنك إلى المحفز تُحدث تحسناً حقيقياً وملحوظاً في كفاءة الإزالة، وليست ناتجة عن خطأ عشوائي في القياس.

5. الاستنتاجات والتوصيات

نجح هذا البحث في تطوير وإثبات جدوى منظومة تكنولوجية مستدامة ومتكاملة لمعالجة منصرفات المصافي وأبراج التبريد، محققاً الإسهامات التالية:

1. ابتكار محفز فعال: تخليق مركب نانوي خماسي ($TiO_2/Fe_3O_4/BiVO_4/ZnO/AC$)يجمع بين التحفيز المرئي، الفصل المغناطيسي، ومقاومة الأغشية الحيوية في كيان واحد.

2. تكامل المعالجة: تصميم سلسلة معالجة أولية متقدمة ($CaO/FeCl_3$/Bentonite/PAM) مصممة خصيصاً لطبيعة مياه المصافي الغنية بالمستحلبات، مما يضمن حماية المحفز النانوي ورفع كفاءته.

3. تثمين النفايات: إثبات إمكانية تحويل نفايات قشور الجوز إلى كربون منشط فعال، ووسيط خامس أكسيد الفاناديوم المستهلك إلى فانادات البزموت النشطة، وحمأة المعالجة الخطرة
إلى طوب بناء مطابق للمواصفات.

4. الاستدامة: إثبات التشغيل الفعال للمنظومة تحت ضوء الشمس الطبيعي، مما يقلل من البصمة الكربونية والتكاليف التشغيلية.

توصيات مستقبلية: دراسة الجدوى الاقتصادية التفصيلية لتطبيق المنظومة على نطاق صناعي، وتطوير تصميم مفاعل ضوئي مستمر لتعزيز الإنتاجية في المصافي.

References

[1] Coimbra, R. N., et al. "Treatment of oil refinery wastewater by advanced oxidation processes." Journal of Hazardous Materials, 2020.

[2] Al-Ghouti, M. A., & Da'ana, D. A. (2020). Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. Journal of Hazardous Materials, 393, 122383. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122383

[3]Mehrjouei, M., et al. "A review on photocatalytic ozonation used for the treatment of water and wastewater." Chemical Engineering Journal, 2015.

[4] [Fujishima, A., & Honda, K. "Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode." Nature, vol. 238, no. 5358, pp. 37-38, 1972. https://doi.org/10.1038/238037a0

[5]Chen, X., & Mao, S. S. "Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications." Chemical Reviews, vol. 107, no. 7, pp. 2891-2959, 2007. https://doi.org/10.1021/cr0500535

[6] Kudo, A., & Miseki, Y. "Heterogeneous photocatalyst materials for water splitting." Chemical Society Reviews, vol. 38, no. 1, pp. 253-278, 2009. https://doi.org/10.1039/B800489G

[7]Park, Y., McDonald, K. J., & Choi, K.-S. "Progress in bismuth vanadate photoanodes for use in solar water oxidation." Chemical Society Reviews, vol. 42, no. 6, pp. 2321-2337, 2013. https://doi.org/10.1039/C2CS35342D

[8] Shen, S., Wang, M., Zhang, L., & Yan, B. "Magnetic nanoparticles for wastewater treatment: A review." Journal of Environmental Management, vol. 146, pp. 230-243, 2014. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.051

[9]Chen, D., Yang, X., Ding, Z., & Wang, S. "Adsorbent–catalyst composite materials for water treatment: Mechanisms and applications." Environmental Science & Technology, vol. 50, no. 17, pp. 9439-9453, 2016. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01654

[10]Wang, S., et al. "New understanding on the different photocatalytic activity of wurtzite and zinc-blende CdS." Applied Catalysis B: Environmental, vol. 168, pp. 448-457, 2015.

[11] Li, J., et al. "Constructing solid-state Z-scheme photocatalytic systems based on ultrathin g-C_3N_4 and $BiVO_4$ for efficient dye degradation." Chemical Engineering Journal, vol. 399, p. 125815, 2020.

[12] Wang, Y., et al. "Carbon quantum dots decorated TiO_2 mesoporous microspheres for enhanced photocatalytic degradation of dyes under visible light." Journal of Alloys and Compounds, vol. 834, p. 155071, 2020.

[13] Li, H., et al. "A novel p-n heterojunction of $BiVO_4$/TiO_2/GO composite for enhanced visible-light-driven photocatalytic activity." Materials Letters, vol. 263, p. 127235, 2020.

[14]Chong, M. N., et al. "Recent developments in photocatalytic water treatment technology: a review." Water Research, vol. 44, no. 10, pp. 2997-3027, 2010.

[15] Konstantinou, I. K., & Albanis, T. A. "TiO_2-assisted photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solution: kinetic and mechanistic investigations: A review." Applied Catalysis B: Environmental, vol. 49, no. 1, pp. 1-14, 2004.

[16] Daneshvar, N., et al. "Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water on ZnO as an alternative catalyst to TiO_2." Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, vol. 162, no. 2-3, pp. 317-322, 2004.

[17]Braham, R. J., & Harris, A. T. "Review of major design and scale-up considerations for solar photocatalytic reactors." Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 48, no. 19, pp. 8890-8905, 2009.

[18] Anipsitakis, G. P., & Dionysiou, D. D. "Radical generation by the interaction of transition metals with common oxidants." Environmental Science & Technology, vol. 38, no. 13, pp. 3705-3712, 2004.

[19] Kobya, M., et al. "Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes." Journal of Hazardous Materials, vol. 100, no. 1-3, pp. 163-178, 2003.

تأثير درجة الحرارة والرطوبة النسبية على جودة بذور القطن أثناء التخزين

أحمد زعتر د. نسرين البيطار د. عبدالعزيز عبارة

الملخص

تكمن الأهمية التخزينية لبذور القطن والتي تمتد لمدة /9-12/شهر أهمية بالغة لما كان لها دور في الحفاظ على جودة البذور المخزنة وحيويتها ، وكان من الضروري الأخذ بعين الاعتبار أهم الظروف المتعلقة بتخزين هذه البذور ومن ضمنها درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين من أجل ضمان تخزين سليم للبذور ضمن الفترة المحددة والتي بدورها تنعكس على جودة وكمية الزيت الناتج عن هذه البذور المخزنة.

لذلك تم في هذا البحث قياس مؤشرات درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور التقليدية والتي استمرت لفترة/ 12/ شهر وقد لاحظنا تغييرات في قيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية للبذور بما يتناسب مع الوسط الخارجي للطقس ، حيث كان لدرجة الحرارة تأثير ضعيف إلى متوسط عند (r=0.3401) وهذه التغييرات رافقتها تغيرات في قيم رطوبة البذور المخزنة حيث انخفضت رطوبة البذور خلال فترة التخزين من 11.20% الى 8.90% وهذا الانخفاض في رطوبة البذور كان له ارتباط عكسي وقوي جدا مع ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة للزيت في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك عند قيم (r=-0.8071, p=0.0015) والذي بدوره انعكس سلباً على كمية فاقد الزيت ولون الزيت الناتج خلال عمليات التكرير والمعالجة اللاحقة للزيت حيث ازداد الفاقد من 7.47% الى 11.14% والذي بدوره رافقه استهلاك كميات أكبر من مادة الصودا المستخدمة في عمليات التكرير للزيت حيث ازدادت الكميات المستهلكة من 3.66 الى 13.5 كغ ماءات

صوديوم / 1 طن زيت ، وكما أظهرت معادلة التحديد المعدل (0.81) وهذه القيمة تدل أن الظروف البيئية للمستودع التقليدي أدت الى تدهور حوالي (81%) من جودة البذور المخزنة.

كلمات مفتاحية : بذور قطن، درجات حرارة، رطوبة نسبية ، حموض دسمة حرة

Effect of Temperature and Relative Humidity on Cotton Seed Quality During Storage

Ahmad Zaatar Nesreen Al-Bitar Abdul Aziz Abbara

Summary

The storage of cotton seeds, which extends for a period of 9-12 months, is of great importance because of its role in preserving the quality and vitality of the stored seeds. It was necessary to take into account the most important conditions related to the storage of these seeds, including the temperature and relative humidity of the storage rooms, in order to ensure proper storage of the seeds within the specified period, which in turn is reflected in the quality and quantity of oil produced from these stored seeds.

Therefore, this study measured temperature and relative humidity indicators within traditional seed storage rooms over a 12-month period. Variations in seed temperature and relative humidity were observed in correlation with external weather conditions; temperature exhibited a weak-to-moderate effect ($r = 0.3401$). These fluctuations were accompanied by changes in the moisture content of the stored seeds, which decreased from 11.20% to 8.90% during the storage period.This decrease in seed moisture led to an increase in the free fatty acid values of cottonseed oil from 1.85% to 3.52%, which in turn negatively impacted the amount of oil lost and the color of the resulting oil during refining and post-treatment processes. Losses increased from 7.47% to 11.14%, which was accompanied by a greater consumption of soda ash used in oil refining processes, with consumption increasing from 3.66 to 13.5 kg of soda ash per

ton of oil This decrease in seed moisture showed a very strong inverse correlation with the rise in free fatty acid levels in the cottonseed oil—increasing from 1.85% to 3.52% ($r = -0.8071$, $p = 0.0015$). This, in turn, negatively impacted oil loss and the color of the resulting oil during subsequent refining and processing; oil loss rose from 7.47% to 11.14%, accompanied by an increase in the caustic soda consumed during refining—rising from 3.66 kg to 13.5 kg per ton of oil. Furthermore, the adjusted coefficient of determination (0.81) indicates that the environmental conditions of the traditional warehouse caused a degradation of approximately 81% in the quality of the stored seeds..

Keywords: cottonseed, temperature, relative humidity, free fatty acids

مقدمة

تعتبر بذور القطن من المحاصيل الاستراتيجية الهامة في إنتاج العديد من المنتجات وفي مقدمتها زيت القطن الذي يستخدم كمنتج غذائي بالإضافة الى مادة اللينت والصابون والكسبة العلفية ، وأن وجود البذور الخام ضمن مستودعات التخزين لفترات زمنية طويلة /9-12/ شهر وتعرضها للعوامل الجوية المختلفة مثل الرطوبة ودرجات الحرارة العالية قد تؤدي الى حدوث بعض المشاكل المتعلقة بالبذور ومن ضمن هذه المشاكل التسخين الذاتي للبذور والتي تؤدي الى تدهور في الخصائص البيولوجية والميكانيكية والكيميائية للبذور والذي ينعكس على تدهور مواصفات الزيت في البذور والتي تؤدي من خلال مراحل التصنيع اللاحقة للبذور الى مواصفات زيت قطن سيئة من حيث المواصفات الكيميائية والتحليلية للزيت الخام وبالتالي صعوبات في عمليات التصنيع والتكرير لتحقيق الجودة المطلوبة ، اضافة الى انخفاض في المردود النهائي للزيت .

ويمكن تخزين بذور القطن لعدة سنوات في حال تم التحكم الدقيق في ظروف التخزين ضمن المستودعات مثل الرطوبة النسبية للهواء ودرجات الحرارة وتعتبر بذور القطن من البذور الغنية بالزيت وعرضة للتلف السريع .

لذلك كان الهدف من هذه البحث اعداد دراسة متكاملة عن أهم الشروط المتبعة والواجب توافرها في مستودعات تخزين وحفظ بذور القطن كمادة أولية مستخدمة لاحقا في انتاج زيت القطن مع امكانية الوصول الى أفضل مردود.

الدراسة المرجعية

تم اجراء العديد من الدراســات حول أهم الشــروط المتبعة في تخزين بذور القطن ضــمن مســتودعات التخزين من أجل الوصول الى أفضل مردود وجودة في عمليات تصنيع البذور وانتاج زيت قطن ضمن مواصــفات قياســية كمنتج غذائي قابل للاســتهلاك وقابل للتخزين ويمكن تعريف مفهوم تدهور البذور على أنه فقدان الجودة والحيوية والقوة وذلك اما بســبب الضــعف أو تأثير العوامل البيئية اثناء عملية التخزين ومن المفترض ان محتواها من الزيت يتأكسد بسهولة مما يؤدي غلى تدهور صحة البذور في الـــــــــتـــــــــخـــــــــزيـــــــــن.

(Kausar et al.2009) بناء على عوامل مختلفة مثل الظروف الجوية أثناء مرحلة انتاج البذور ،والأمراض، والآفات، وزيت البذور ، ومحتوى الرطوبة، والاضـرار الميكانيكية ، وفترة التخزين، ودرجة الحرارة والرطوبة النســبية في هواء المســتودعات، يمكن أن تؤثر على قوة البذور *.(Alaa M. E et al.2022)*

تحتوي بذور القطن على نسبة 15−20% زيت ويستخلص زيت القطن من البذور الخام إما بالعصر الميكانيكي أو باستخدام المذيبات وتختلف هذه النسبة من الزيت حسب نوعية البذور وظروف التخزين المتبعة.

ويختلف مردود زيت القطن الناتج باختلاف صنف البذور، الظروف المناخية، السنة المحصولية ،طرق المعالجة وظروف التخزين المتبعة ضمن المستودعات.

وتعتبر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت مثل ارتفاع نسبة الأحماض الدسمة الحرة والنكهة الكريهة والرائحة غير المرغوبة ووجود البيروكسيدات والأصباغ اللونية وتكوين الأحماض الدسمة الحرة وعوامل الأكسدة وتزنخ الزيت من أهم العوامل التي تحدد استقرارية وتخزين الزيت.

وتتعرض بذور القطن نظراً لمحتواها العالي من الزيت الى التلف الذي يكون بطيء(ذاتي) أو سريع نتيجة ظروف التخزين غير الملائمة والذي يكون بسبب تأثير فعاليات الأنزيمات المحللة للدسم

(الليباز Lipases) ويقود تلف البذور الى تلف الزيت بشكل أساسي والذي يظهر على شكل ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة.*(Baily, A.E. 1948)*

ودرس *(Kausar* et al *, 2009)* سلوك البذور أثناء عملية التخزين واعتبر أن البذور الزيتية حساسة للغاية للظروف البيئية القاسية ويمكن أن تؤثر العوامل المختلفة مثل الظروف الجوية بالإضافة الى الامراض التي تصيب البذور والآفات والرطوبة والاضرار الميكانيكية ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين وكل هذه العوامل أثرت بشكل منفرد أو مجتمعة على قوة البذور المخزنة وبالتالي سيكون الزيت عرضة للتأكسد بسهولة وللتزنخ السريع وبالتالي مدة تخزين قصيرة للزيت مع جودة منخفضة.

وقد اعتبر*(Soltani et al,2008)* أن جميع المكونات الحية تعتبر خاضعة للتقدم في العمر والهرم وتتناقص جودتها تدريجيا مع مدة التخزين ، وأن هناك عاملان رئيسيان للبيئة يؤثران على معدل تدهور وضعف البذور وهما الرطوبة النسبية والتي تتحكم في محتوى رطوبة البذور ودرجة الحرارة ،وتعتمد حساسية البذور للشيخوخة المتسارعة على درجة الحرارة والرطوبة النسبية ،حيث اعتبر أن التأثير المستمر لحيوية البذور من ناحية الحرارة يكون أكبر من تأثير الرطوبة النسبية.

وقد لاحظ *(Iqbal et al,2002)* سلوكية العوامل الجوية في تأثير البذور المخزنة واعتبر أن رطوبة البذور ودرجة الحرارة لهما دور كاف في طول عمر البذور واعتبر أن التوازن بين محتوى رطوبة البذور والرطوبة النسبية أمراً ضرورياً لتخزين البذور.

كما أظهر *(Kavitha et al,2017)* أنه عند تخزين بذور القطن ثلاثة أيام في ظروف بيئية قاسية غير مضبوطة أدت الى تدهور في خصائص البذور بشكل تدريجي وتسارع في حدوث الشيخوخة وبالمقابل فإنها كانت تعادل عشرة أشهر من التخزين الطبيعي في ذلك الوقت.

وقد وجد أن انتاج الحرارة ومعدل تكوين الأحماض الدسمة الحرة في كتلة بذور القطن يعتمد على الرطوبة الأولية للبذور ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة فيها

وعلى الرغم من أن التهوية المستمرة تتحكم في درجة حرارة البذور وتقلل من محتوى الرطوبة بشكل ملحوظ الا أن معدل تكوين الأحماض الدسمة الحرة كان سريعا في جميع الاختبارات باستثناء البذور ذات الرطوبة المنخفضة أو المتوسطة في بداية التخزين ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة المنخفضة حيث حدثت خسائر في محتوى الزيت تتناسب مع فترة التخزين.

حيث تعمل أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) على أكسدة طبقة الدهون الثنائية لتسريع تدهور البذور*(Balesevic-Tubic et al., 2005)*

علاوة على ذلك، فإن تخزين البذور في الأكياس التقليدية لا يمكنه الحفاظ على مستويات الرطوبة المنخفضة أثناء التخزين بسبب الاتصال المباشر مع الرطوبة النسبية المحيطة ويولد الحرارة الأيضية و ROSمما يؤدي إلى تدهور الجودة.*(Irfan et al.2020)*

ودرس (*J. M. Woodruff et la.1967)* حيث أُجريت تجربتان معمليتان لدراسة تأثير الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة وشدة الإضاءة على جودة بذور القطن.

حيث انخفضت جودة البذور مع ارتفاع الرطوبة النسبية فوق 60% خلال فترة تعريض مدتها 21 يوماً، وتسببت ارتفاع الرطوبة النسبية من 60% إلى 70% في انخفاض سريع في معدل نمو جذور الشتلات بعمر 5 أيام. أما رفع الرطوبة النسبية إلى 80% فأكثر فقد أدى إلى زيادة سريعة في الأحماض الدسمة الحرة المتراكمة في زيت البذور خلال فترة التعريض .

ولوحظ أنه لم يكن لرفع درجة حرارة فترة التعرض من 25 درجة مئوية إلى 40 درجة مئوية مع ثبات الرطوبة النسبية تأثير يُذكر على جودة البذور.

المواد وطرق البحث

تم إجراء هذه الدراسة في شركة زيوت حماة لتصنيع بذور القطن وبشكل خاص في مستودعات تخزين وحفظ بذور القطن الخام(المستودعات التقليدية) وتم أخذ عينات من بذور القطن إنتاج محلي لعام 2024 خلال فترات زمنية محددة بدءاً من لحظة ادخال البذور للمستودعات وحتى انتهاء موسم التخزين التي استمرت تقريبا /12/ شهراً حيث تم أخذ العينات بشكل عشوائي بواسطة عصا العينات المخصصة من مستويات مختلفة (السطح، الوسط، والقاعدة) ومن عدة نقاط موزعة على أركان الكومة أو الأكياس المخزونة، ثم تخلط معاً وتُقلّص للحصول على عينة نهائية ممثلة بوزن نصف إلى كيلوجرام واحد وتمت العملية السحب /5/ مرات في الشهر الواحد ومن ثم تم أخذ المتوسطات الحسابية للعينات المسحوبة خلال الشهر الواحد ،وتم مراقبة التغيرات البيئية المتعلقة بشروط التخزين من درجة الحرارة (البذور، هواء غرف التخزين) والرطوبة (رطوبة البذور البدائية ،الرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين) ،ودراسة الشروط المثلى للتخزين وربطها مع عملية انتاج زيت القطن وانعكاسها على جودة الزيت ومدة حفظه.

طرائق البحث

تم انتاج زيت القطن من البذور المخزنة بواسطة طريقة العصر الميكانيكي في شركة زيوت حماة وتم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والحسية في شركة زيوت حماة ومخابر كلية الهندسة الغذائية في جامعة حمص

العوامل المؤثرة في التخزين:

- **الرطوبة الأولية للبذور**(الرطوبة الحرجة للتخزين): تم استخدام فرن تجفيف على درجة حرارة 105مْ ومن ثم حساب الفرق .

$$\text{الرطوبة \%} = \frac{\text{بالوزن الفقد}}{\text{العينة وزن}} \times 100$$

- **درجة حرارة الوسط** : تم قياس درجات الحرارة لهواء غرف التخزين باستخدام جهاز *Thermometer*
- **الرطوبة النسبية للهواء:** تم قياس الرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين باستخدام جهاز قياس الرطوبة النسبية *Hygrometer*
- **الشوائب:** يقصد بها جميع المواد المخلوطة مع بذور القطن والتي ليست من البذرة نفسها، مثل الأتربة، الحصى، الأوراق، الأجزاء النباتية الغريبة، أو الحبوب التالفة والشوائب المعدنية أو العضوية

$$\text{الشوائب } \% = \frac{\text{وزن الشوائب}}{\text{وزن العينة}} \times 100$$



شكل (1) بذور قطن مع وجود اللينت والشوائب



شكل(2) بذور قطن بعد إزالة اللينت والشوائب

الاختبارات الكيميائية

- **تقدير نسبة الزيت في البذور:** تم باستخدام طريقة سوكسليت Soxhlet والمذيب العضوي الهكسان النقي وذلك لمدة /4/ ساعات واستخدام فرن التجفيف عند 105م حتى ثبات الوزن في تحديد نسبة الليبيدات وذلك وفق AOAC.2000



شكل (3) جهاز استخلاص الزيت من بذور القطن

- **الأحماض الدهنية الحرة(%FFA):** من خلال المعايرة باستخدام NaOH وفق طريقة AOAC.2000

اختبارات جودة زيت القطن المكرر

- **الأحماض الدهنية الحرة(FFA):** من خلال المعايرة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم في وجود مؤشر الفينول فتالين وفق طريقة AOAC.2000
- **اللون:** تم تحديد لون زيت بذرة القطن من حيث وحدات Lovibond وفق طريقة AOAC.2000

فاقد الزيت : تم اعتماد معادلة وايسون في تحديد نسبة فاقد الزيت بالاعتماد على النسبة المئوية للأحماض الدسمة الحرة

فاقد الزيت %=(2.2 × %FFA)+3.4

(الشعار– تكنولوجيا الزيوت–جامعة حمص/1994/)

ويُقصد باللينت (Lint) :في بذور القطن ألياف الوبر القصيرة أو الزغب المتبقي على قشرة البذرة بعد عملية الحلج الأولية، والتي يتم استخلاصها عبر آلات حلاقة أو نزع خاصة لتشكل مادة غنية بالسليلوز ذات أهمية صناعية واقتصادية بالغة

النتائج والمناقشة

جدول (1) مواصفات بذور القطن المستلمة وفق المكتب الهندسي لشركة زيوت حماة

الشوائب %	الأحماض الدهنية الحرة %	نسبة الزيت%	الرطوبة %	اللينت%
حد أعلى	حد أعلى	حد أدنى	حد أعلى	حد أدنى
1	0.8	18.5	9	13

جدول (2) مواصفات زيت القطن الخام وفق المكتب الهندسي لشركة زيوت حماة

فاقد الزيت %	الأحماض الدهنية الحرة %	استهلاك ترابة التصفية %	الرطوبة %	تفل %	اللون (أحمر)	
					مكابس	مذيب
15–12	2.5	2–1.5	0.1	0.1	10–8	5–3

جدول (3) مواصفات زيت القطن المكرر والمبيض والمزال الرائحة حسب م .ق. س لعام/ 2019

صابون ppm	الأحماض الدهنية الحرة %	بيروكسيد% mg/1kg oil	الرطوبة %	اللون وحدة لوفيبوند
حد أعلى 50	حد أعلى 0.6	حد أعلى 10	حد أعلى 0	0.3

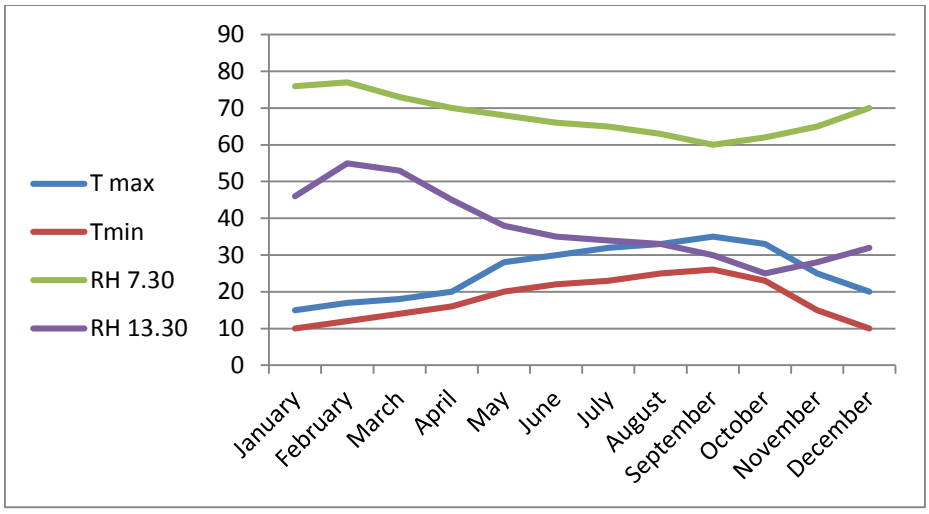
1-الاختبارات الفيزيائية التي تم اجرائها

تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط بالبذور باستخدام ميزان حرارة وذلك خلال فترة صباحية وفترة الذروة عند الساعة الواحدة ظهرا وذلك خلال فترات زمنية معينة شهرية وتم تسجيل القراءات المتوسطات الشهرية لدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ضمن مستودعات التخزين التقليدية

جدول(4) يبين المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور

الشهر	عدد العينات (n)	درجة الحرارة العظمى (°م)	درجة الحرارة الصغرى (°م)	الرطوبة النسبية 7:30 صباحاً(%)	الرطوبة النسبية 13:30 مساءً(%)
January	5	15.00 ± 0.65 **g**	10.00 ± 0.42 **f**	76.00 ± 2.10 **a**	46.00 ± 1.80 **c**
February	5	17.00 ± 0.72 **fg**	12.00 ± 0.51 **ef**	77.00 ± 1.95 **a**	55.00 ± 2.20 **a**

53.00 ± 1.75 **ab**	73.00 ± 2.40 **ab**	14.00 ± 0.49 **de**	18.00 ± 0.58 **ef**	5	**March**
45.00 ± 1.90 **cd**	70.00 ± 2.15 **bc**	16.00 ± 0.62 **d**	20.00 ± 0.81 **e**	5	**April**
38.00 ± 1.40 **e**	68.00 ± 1.85 **cd**	20.00 ± 0.88 **bc**	28.00 ± 1.10 **c**	5	**May**
35.00 ± 1.65 **ef**	66.00 ± 2.30 **de**	22.00 ± 0.76 **ab**	30.00 ± 0.95 **bc**	5	**June**
34.00 ± 1.50 **ef**	65.00 ± 1.90 **de**	23.00 ± 0.82 **ab**	32.00 ± 1.15 **ab**	5	**July**
33.00 ± 1.35 **ef**	63.00 ± 2.05 **ef**	25.00 ± 0.91 **a**	33.00 ± 1.02 **ab**	5	**August**
30.00 ± 1.20 **f**	60.00 ± 2.50 **f**	26.00 ± 0.98 **a**	35.00 ± 1.28 **a**	5	**September**
25.00 ± 1.10 **g**	62.00 ± 1.80 **f**	23.00 ± 0.70 **ab**	33.00 ± 0.89 **ab**	5	**October**
28.00 ± 1.45 **fg**	65.00 ± 2.10 **de**	15.00 ± 0.55 **d**	25.00 ± 0.74 **d**	5	**November**
32.00 ± 1.30 **f**	70.00 ± 1.95 **bc**	10.00 ± 0.40 **f**	20.00 ± 0.61 **e**	5	**December**



مخطط (1) يوضح العلاقة بين درجات الحرارة والرطوبة النسبية مع الزمن

لوحظ أن الفارق في الرطوبة النسبية من شهر 1 الى الشهر12 (الفترة القياسية لتخزين البذور) لا يتجاوز الفارق حوالي 10 % وبالتالي توجد رطوبة نسبية عالية ضمن مستودعات التخزين التقليدية.

أما بالنسبة لدرجات الحرارة لهواء غرف التخزين لوحظ ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة ضمن غرف التخزين مع ارتفاع درجة حرارة الوسط الخارجي

ومن خلال الجدول السابق لوحظ التغيير في الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة لهواء غرف تخزين البذور بما يتناسب مع الوسط الخارجي وهذا التغير في الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يصاحبه تغير في خصائص البذور المخزنة وتدهورها مع الزمن.

جدول(5) يبين المتوسطات الشهرية لنسب رطوبة البذور ونسبة الشوائب واللينت في بذور القطن

الشهر	عدد العينات (n)	رطوبة البذور(%)	الشوائب(%)	اللينت(%)
January	5	11.20 ± 0.35 **a**	1.51 ± 0.08 **a**	11.82 ± 0.41 **a**
February	5	10.53 ± 0.29 **b**	1.72 ± 0.11 **a**	11.74 ± 0.38 **a**
March	5	10.06 ± 0.31 **bc**	1.56 ± 0.07 **a**	11.65 ± 0.45 **a**
April	5	9.72 ± 0.24 **cd**	1.69 ± 0.12 **a**	11.82 ± 0.39 **a**
May	5	9.40 ± 0.18 **de**	1.43 ± 0.06 **a**	11.90 ± 0.52 **a**
June	5	9.35 ± 0.22 **de**	1.61 ± 0.09 **a**	11.53 ± 0.33 **a**
July	5	9.17 ± 0.15 **e**	1.30 ± 0.05 **a**	11.66 ± 0.40 **a**
August	5	9.16 ± 0.19 **e**	1.52 ± 0.10 **a**	11.88 ± 0.47 **a**

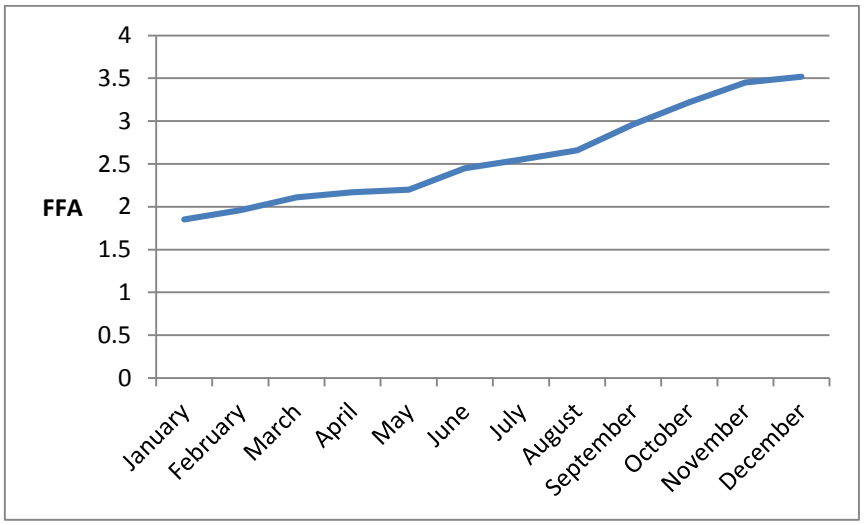
11.82 ± 0.36 **a**	1.82 ± 0.14 **a**	9.08 ± 0.21 **e**	5	**September**
11.80 ± 0.42 **a**	1.38 ± 0.08 **a**	9.06 ± 0.17 **e**	5	**October**
11.65 ± 0.39 **a**	1.73 ± 0.11 **a**	9.02 ± 0.14 **e**	5	**November**
11.50 ± 0.31 **a**	1.55 ± 0.07 **a**	8.90 ± 0.11 **e**	5	**December**

لوحظ من خلال الجدول السابق انخفاض رطوبة البذور بشكل تدريجي مع الزمن وهذا الانخفاض نتيجة التغييرات الحاصلة في درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين، وأما بالنسبة للأجرام واللينت لوحظ تغير طفيف لقيم اللينت والشوائب ناتجة عن تغيرات ظروف التخزين أو بسبب الاختلاف في سحب العينات المتفاوتة .

جدول(6) يبين نسبة الزيت والأحماض الدهنية الحرة (FFA) لبذور القطن المخزنة

الشهر	عدد العينات (n)	نسبة الزيت(%)	الأحماض الدهنية الحرة(%) FFA
January	5	20.55 ± 0.48 **a**	1.85 ± 0.09 **g**
February	5	20.48 ± 0.51 **a**	1.96 ± 0.11 **fg**
March	5	20.25 ± 0.39 **ab**	2.11 ± 0.08 **ef**
April	5	20.27 ± 0.42 **ab**	2.17 ± 0.12 **ef**

2.20 ± 0.14 **ef**	19.96 ± 0.55 **b**	5	**May**
2.45 ± 0.15 **de**	20.45 ± 0.37 **a**	5	**June**
2.55 ± 0.18 **cd**	20.36 ± 0.46 **ab**	5	**July**
2.66 ± 0.13 **c**	20.44 ± 0.41 **a**	5	**August**
2.96 ± 0.22 **b**	20.00 ± 0.60 **b**	5	**September**
3.22 ± 0.19 **a**	20.13 ± 0.52 **ab**	5	**October**
3.45 ± 0.25 **a**	19.94 ± 0.49 **b**	5	**November**
3.52 ± 0.21 **a**	19.97 ± 0.44 **b**	5	**December**



مخطط (2) يبين العلاقة بين الزمن و FFA

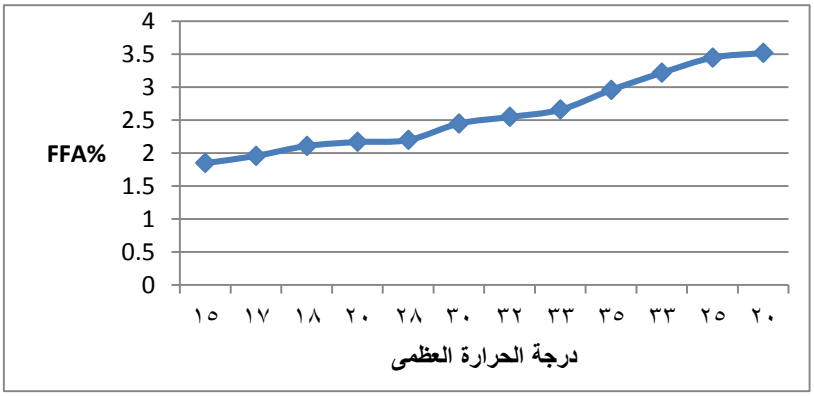
لوحظ من خلال الجدول السابق ارتفاع نسبة الأحماض الدهنية الحرة بشكل كبير في بذور القطن المخزنة مع تزايد الفترة الزمنية لتخزين البذور ويعود هذا الارتفاع الى التدهور الحاصل في بذور القطن المخزنة ضمن المستودعات والتي تعرضت مسبقاً الى تغييرات في درجات حرارة الوسط المحيط والرطوبة النسبية لهواء غرف التخزين وتغيرات في رطوبة البذور هذا التدهور في خصائص البذور نتج عنه ارتفاع في نسبة الأحماض الدهنية الحرة في زيت بذور القطن وأما بالنسبة لنسبة الزيت في البذور لوحظ انخفاض النسبة في البذور مع الزمن بشكل طفيف جدا.

جدول(7) يبين مؤشرات تكرير الزيت وكميات هيدروكسيد الصوديوم وفاقد الزيت

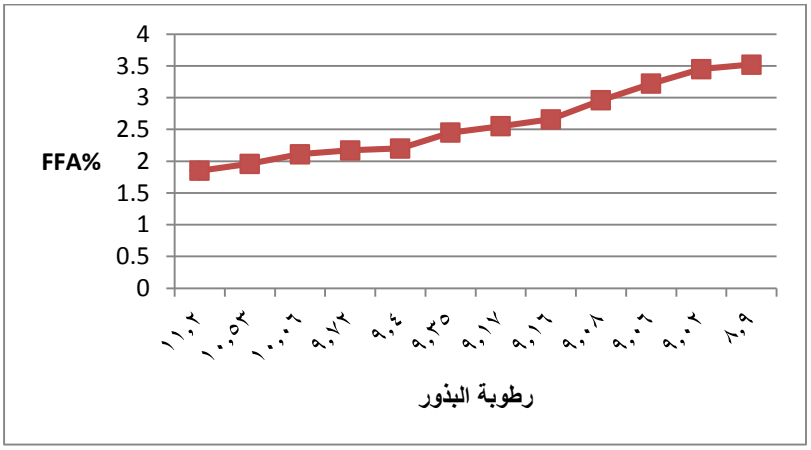
الشهر	عدد العينات (n)	الأحماض الدهنية الحرة FFA (%)	كمية هيدروكسيد الصوديوم (كغ/1 طن زيت)	فاقد الزيت (%)	اللون (أحمر) وحدة لوفيبوند
January	5	1.85 ± 0.09 **g**	3.66 ± 0.12 **g**	7.47 ± 0.25 **g**	8 ± 0.0 **d**
February	5	1.96 ± 0.11 **fg**	3.90 ± 0.15 **fg**	7.71 ± 0.29 **fg**	8 ± 0.0 **d**
March	5	2.11 ± 0.08 **ef**	4.18 ± 0.11 **ef**	8.04 ± 0.18 **ef**	9 ± 0.5 **c**
April	5	2.17 ± 0.12 **ef**	4.30 ± 0.14 **ef**	8.17 ± 0.22 **ef**	9 ± 0.5 **c**
May	5	2.20 ± 0.14 **ef**	4.36 ± 0.18 **ef**	8.24 ± 0.31 **ef**	9 ± 0.5 **c**

June	5	2.45 ± 0.15 **de**	4.86 ± 0.16 **de**	8.79 ± 0.35 **de**	10 ± 0.0 **b**
July	5	2.55 ± 0.18 **cd**	5.06 ± 0.22 **cd**	9.01 ± 0.41 **cd**	10 ± 0.0 **b**
August	5	2.66 ± 0.13 **c**	5.28 ± 0.15 **c**	9.25 ± 0.28 **c**	10 ± 0.0 **b**
September	5	2.96 ± 0.22 **b**	5.88 ± 0.26 **b**	9.91 ± 0.50 **b**	10 ± 0.0 **b**
October	5	3.22 ± 0.19 **a**	6.40 ± 0.20 **a**	10.48 ± 0.44 **a**	10 ± 0.0 **b**
November	5	3.45 ± 0.25 **a**	6.84 ± 0.29 **a**	11.00 ± 0.55 **a**	11 ± 0.5 **a**
December	5	3.52 ± 0.21 **a**	6.98 ± 0.24 **a**	11.14 ± 0.48 **a**	11 ± 0.5 **a**

القيم في الجداول تمثل المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لـ (n=5) تكرارات. المتوسطات التي تحمل حروفاً مختلفة عمودياً ضمن نفس العمود توجد بينها فروق ذات دلالة إحصائية حسب اختبار ANOVA ومن ثم الاختبار البعدي توكي (Tukey's HSD) عند مستوى دلالة ($p<0.05$)

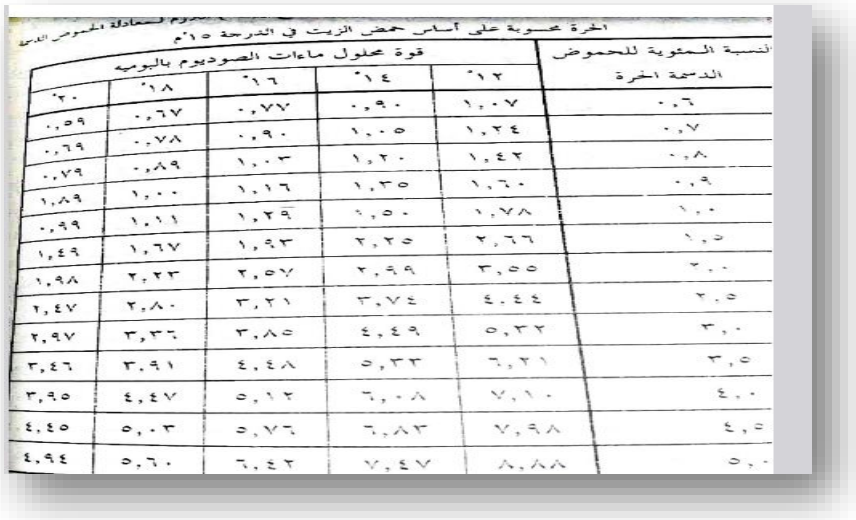


مخطط (3) يبين scatter plot بين درجة الحرارة FFA

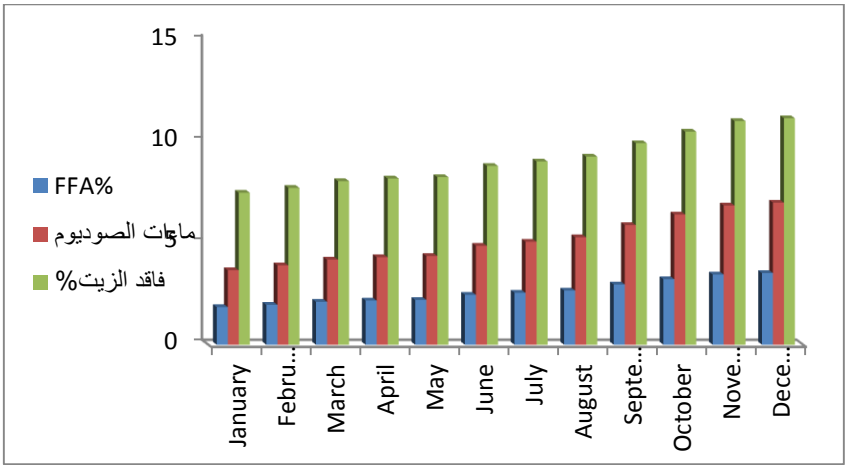


مخطط (4) يبين scatter plot بين رطوبة البذور و%FFA

جدول (8) يوضح كمية ماءات الصوديوم اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة محسوبة على أساس حمض الزيت أثناء تكرير الزيت الخام



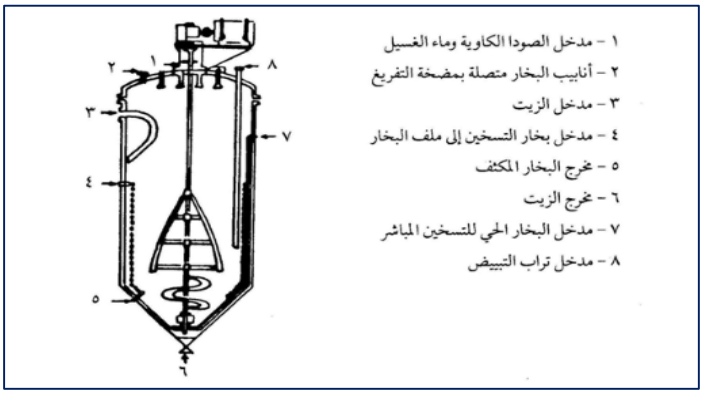
النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة	قوة محلول ماءات الصوديوم بالبومية				
	°١٢	°١٤	°١٦	°١٨	°٢٠
٠,٦	١,٠٧	٠,٩٠	٠,٧٧	٠,٦٧	٠,٥٩
٠,٧	١,٢٤	١,٠٥	٠,٩٠	٠,٧٨	٠,٦٩
٠,٨	١,٤٢	١,٢٠	١,٠٣	٠,٨٩	٠,٧٩
٠,٩	١,٦٠	١,٣٥	١,١٦	١,٠٠	٠,٨٩
١,٠	١,٧٨	١,٥٠	١,٢٩	١,١١	٠,٩٩
١,٥	٢,٦٦	٢,٢٥	١,٩٣	١,٦٧	١,٤٩
٢,٠	٣,٥٥	٢,٩٩	٢,٥٧	٢,٢٣	١,٩٨
٢,٥	٤,٤٤	٣,٧٤	٣,٢١	٢,٨٠	٢,٤٧
٣,٠	٥,٣٢	٤,٤٩	٣,٨٥	٣,٣٦	٢,٩٧
٣,٥	٦,٢١	٥,٢٣	٤,٤٨	٣,٩١	٣,٤٦
٤,٠	٧,١٠	٦,٠٨	٥,١٢	٤,٤٧	٣,٩٥
٤,٥	٧,٩٨	٦,٨٣	٥,٧٦	٥,٠٣	٤,٤٥
٥,٠	٨,٨٨	٧,٤٧	٦,٤٢	٥,٦٠	٤,٩٤



مخطط (5) العلاقة بين الحموض الدهنية الحرة وماءات الصوديوم المستهلكة وفاقد الزيت

من خلال المخطط البياني السابق لوحظ ارتفاع النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة لزيت القطن الخام مع الزمن وبالتالي ارتفاع النسبة المئوية لكمية ماءات الصوديوم المستخدمة في معايرة الزيت خلال عملية التكرير تزامنا مع ارتفاع النسبة المئوية لفاقد الزيت.

شكل (4)عملية تكرير زيت القطن الخام الناتج عن بذور القطن المخزنة



جدول(9) يوضح التغيرات من بداية التخزين January/2024 – *December*/2024

خلال فترة تخزينية للبذور 12 شهر كما يلي

	FFA البذور %	رطوبة البذور %	ماءات الصوديوم كغ/1طن زيت	فاقد الزيت %
January	1.85	11.20	3.66	7.47
December	3.52	8.90	6.98	11.14

لوحظ من خلال الجدول السابق

-انخفاض رطوبة البذور من 11.20% الى 8.90%

-زيادة النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك نتيجة التخزين السيء والتغيرات في درجات الحرارة والرطوبة النسبية لهواء غرف تخزين البذور والذي نتج عنه :

- ارتفاع كمية ماءات الصوديوم المستخدمة أثناء معالجة الزيت الخام وتكريره من 3.66 الى 6.98 كغ ماءات صوديوم / 1 طن زيت
- ارتفاع النسبة المئوية لفاقد الزيت من 7.47% الى 11.14%

التحليلات الإحصائية المتقدمة للبحث

1- اختبار ارتباط بيرسون (Pearson Correlation)

تم حساب الارتباط بين الأحماض الدهنية الحرة (FFA) والمتغيرات البيئية (باعتماد متوسط الحرارة والرطوبة الشهرية):

- **درجة الحرارة وFFA** : وجد ارتباط طردي ضعيف إلى متوسط ($r=0.3401$)، وهو غير دال إحصائياً عند هذه العينة المقارنة ($p=0.2793$)
- **الرطوبة النسبية المحيطة وFFA** : وجد ارتباط عكسي قوي جداً ودال إحصائياً ($r=-0.7918$, $p=0.0021$).
- **رطوبة البذور الداخلية وFFA** : وجد ارتباط عكسي قوي جداً وعالي الدلالة ($r=-0.8071$, $p=0.0015$)، مما يؤكد حقيقة التحلل الإنزيمي الذاتي المتسارع مع جفاف البذور تدريجياً في المخازن التقليدي حيث أن الرطوبة المرتفعة ببداية التخزين تحصل نوع من الاحتراق الذاتي والتي تساعد على عملية الأكسدة وبالتالي ارتفاع في قيم الحموض الدهنية الحرة.

2- تحليل انحدار خطي متعدد (Multiple Linear Regression)

لربط تراكم الـــــFFA بالمتغيرات البيئية المشتركة (درجة الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة)، أظهر النموذج قوة تفسيرية عالية جداً:

- **معامل التحديد المعدل (Adjusted R^2)**: **0.813** أي أن الظروف البيئية للمســتودع التقليدي تفسر 81.3% من تدهور جودة الزيت).
- **معادلة التنبؤ المقترحة**

$$FFA(\%)=9.8889-0.0687(Temp)-0.1097(RH)$$

- **الدلالة الإجمالية للنموذج** : دال جداً إحصائياً ($P<0.00021$)

الاستنتاجات والتوصيات

-مما سبق نستنتج أن الرطوبة النسبية ودرجات حرارة هواء مستودعات تخزين البذور أهم عاملين يتحكمان في جودة بذور القطن المخزنة حيث كان لدرجة الحرارة تأثير ضعيف إلى متوسط عند ($r=0.3401$) وهو غير دال إحصائياً عند هذه العينة المقارنة ($p=0.2793$)

- وهذه التغييرات رافقتها تغيرات في قيم رطوبة البذور المخزنة حيث انخفضت رطوبة البذور خلال فترة التخزين من 11.20% الى 8.90% وهذا الانخفاض في رطوبة البذور كان له ارتباط عكسي وقوي جدا مع ارتفاع في قيم الأحماض الدهنية الحرة للزيت في بذور القطن من 1.85% الى 3.52% وذلك عند قيم ($r=-0.8071$, $p=0.0015$) والذي بدوره انعكس سلباً على كمية فاقد الزيت ولون الزيت الناتج خلال عمليات التكرير والمعالجة اللاحقة للزيت حيث ازداد الفاقد من 7.47% الى 11.14% والذي بدوره رافقه استهلاك كميات أكبر من ماءات الصوديوم المستخدمة في عمليات التكرير للزيت حيث ازدادت الكميات المستهلكة من 3.66 الى 13.5 كغ ماءات صوديوم/ 1 طن زيت ،

-وكما أظهرت معادلة التحديد المعدل (0.81) وهذه القيمة تدل أن الظروف البيئية للمستودع التقليدي أدت الى تدهور حوالي (81%) من جودة البذور المخزنة.

-ومن خلال هذا البحث تم التوصل إلى أن الشيخوخة المتسارعة في بذور القطن المخزنة في المستودعات التقليدية كانت بسبب العوامل البيئية المختلفة من درجات حرارة ورطوبة عالية والتي تعتبر العامل الأهم في عملية التخزين حيث أن رطوبة البذور العالية في بداية عملية التخزين تنخفض مع الزمن وترتفع بذلك الحموض الدهنية الحرة حيث يحصل نوع من الاحتراق الذاتي والذي يساعد على عملية أكسدة الحموض الدهنية وتحويلها إلى حموض دهنية حرة وهذا يتفق مع *(Kavitha et al , 2017)* الذي وجد أن انتاج الحرارة ومعدل تكوين الأحماض الدهنية الحرة في كتلة بذور القطن يعتمد على الرطوبة الأولية للبذور ومحتوى الأحماض الدسمة الحرة فيها .

-لذلك يفضل استخدام أنظمة التهوية الفعالة في مستودعات تخزين البذور مثل مراوح التهوية الفعالة لتخفيف التغييرات البيئية الحاصلة في مستودعات التخزين وذلك من خلال ضبط هذه المؤشرات وبالتالي تقليل التغييرات في مستويات الأحماض الدهنية الحرة ضمن البذور والتي سيتم دراستها في أبحاث مستقبلية متممة لهذا البحث.

المراجع

الشعار، محمد علي، تكنولوجيا الزيوت ومنتجاتها، منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، حمص، سوريا(1994).

A.O.A.C. (2000). Association of official agricultural chemists, official methods of analysis. 14th ed Washington, D.C.

Alaa M. E. A. Shahein1*, Nagwa E. Shalaby1 and Badeaa A Mahmoud (2022). Effect of Storage Period and Condition on Cotton Seed Viability and Its Chemical Compositio. Journal of the Advances in Agricultural Researches (JAAR) Volume:27(3)

Balešević,–Tubić, S., D. Malenčić, M. Tatić and J. Miladinović (2005). Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. Helia. 28(42): 107–114.

Balešević–Tubić, S., M. Tatić, V. orđević, Z. Nikolić and V. ukić (2010). Seed viability of oil crops depending on storage conditions. HELIA. 33(52): 153–160.

Baily, A.E. (1948). Cottonseed Oil In " Cottonseed and Cottonseed Products" A.E. Bailey (ed). Interscience Publish Inc New York

Irfan Afzal a, Muhammad Kamran a , Shahzad Maqsood Ahmed Basra a , Sultan Habib Ullah Khan b, Abid Mahmood c , Muhammad Farooq a ,

Daniel K.Y. T.(2020) Harvesting and post-harvest management approaches ،for preserving cottonseed quality.j, Industrial Crops & Products.155(2020).

Iqbal, N., S.M.A. Basra and K. UR-Rehman (2002). Evaluation of vigour and oil quality in cottonseed during accelerated aging. Int. J. Agri. Biol. 4(3): 318-322.

Kausar, M, T. Mahmood, S. M. A. Basra and M. Arshad (2009). Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. Int J Agric Biol. 11:521-528.

Kavitha, S., C. Menaka and M. Ananthi (2017). Deterioration in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds under natural and accelerated ageing. International Journal of Chemical Studies. 5(4): 1141-1146.

Soltani, E., B. Kamkar, S. Galeshi and F. Akram Ghaderi (2008). The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1):13-17.

Sultan, M. S., M. A. Abdel-Moneam, Y. M. EL-Mansy, B. R. Goda and Doha A. Attia (2020). Impact of accelerated ageing process on viability of Egyptian cotton seeds. J. of Plant Production, Mansoura Univ. 11 (2):153 - 157.

Shelar, V.R., 2008. Role of mechanical damage indeterioration of soybean seed qualityduring storage -a review. Agric. Rev. 29 (3), 177-184

McCain, F. S. Hoveland C. S. Woodruff, J. M (1967). Effect of Relative Humidity, Temperature, and Light Intensity During Boll Opening on Cottonseed Quality. AGRONOMY JOURNAL, VOL. 59,p444