مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية البترولية والكيميائية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد ١

1443 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. وليد حمادة	رئيس التحرير
أ. د. درغام سلوم	رئيس التحرير

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 (٧٧)

. هاتف / فاكس : ٢١٣٨٠٧١ ٣١ ٩٦٣ ++

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- ٢ 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).

١- مقدمة

٢- هدف البحث

٣- مواد وطرق البحث

٤- النتائج ومناقشتها .

٥- الاستنتاجات والتوصيات .

٦- المراجع.

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

١. مقدمة.
٢. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
٣. أهداف البحث و أسئلته.
٤. فرضيات البحث و حدوده.
٥. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
٦. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
٧. منهج البحث و إجراءاته.
٨. عرض البحث و المناقشة والتحليل
٩. نتائج البحث.
١٠. مقترحات البحث إن وجدت.
١١. قائمة المصادر والمراجع.

٧– يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

أ– قياس الورق ١٧,٥×٢٥ B5.

ب– هوامش الصفحة: أعلى ٢,٥٤– أسفل ٢,٥٤ – يمين ٢,٥– يسار ٢,٥ سم

ت– رأس الصفحة ١,٦ / تذييل الصفحة ١,٨

ث– نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس ٢٠

. كتابة النص Simplified Arabic قياس ١٣ عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس ١٣ عريض.

ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى ١٢سم.

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

٩– تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

١٠– الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

١١- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [١] 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 . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . 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:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . 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 البعث

١. دفع رسم نشر (٥٠٠٠٠) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.

٢. دفع رسم نشر (٢٠٠٠٠٠) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .

٣. دفع رسم نشر (٢٠٠) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .

٤. دفع مبلغ (١٥٠٠٠) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
دراسة الشروط المثلى لتصنيع وتجفيف الكشك	د.نور زين العابدين	١١-٤٠
دراسة تأثير الطباعة بالبيغمنت في بعض خواص الأقمشة القطنية المصنعة من غزول مختلفة	حلا المصطفى د.زياد سفور د.خلدون يوسف	٤١-٧٤
المعالجة بتقنية الطلاء للحصول على قماش تقني ناقل للتيار الكهربائي	نسرين الأطرش د.غزل طهماز د.زياد سفور	٧٥-٩٨
تطبيق تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي عن الغاز في حقل زملة المهر-السلسلة التدمرية الشمالية	نضال رمضان د.عودي صالحة د.محمد بكداش	٩٩-١٣٢

دراسة الشروط المثلى لتصنيع وتجفيف الكشك

د.نور زين العابدين*

ملخص:

يُعدّ الكشك من أكثر الصناعات اللبنية التقليدية في منطقة الشرق الأوسط حيث يصنع من دقيق القمح مرتفع الاستخراج واللبن الرائب. ولنوعية اللبن الرائب المضاف خلال عملية التصنيع للكشك وصفاته أهمية كبيرة جداً، فهو يسهم إلى حد كبير في تحديد مواصفات المنتج النهائي. تمت دراسة تأثير مواصفات الحليب الخام ونوعيته إضافة إلى نوعية البادئ ونسبة إضافته لصناعة اللبن الرائب حيث استخدم في البحث ثلاثة أنواع من البادئ وبنسب إضافة مختلفة 1.5% و2% و2.5% و3%، كما تم تحديد زمن التحضين وخصائص اللبن الناتج، بالإضافة إلى شروط التجفيف في مواصفات الكشك، حيث استخدم نوعان للتجفيف الكهربائي تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ وبدرجات حرارة مختلفة.

أعطت نسبة الإضافة 2% من مزرعة البادئ C أفضل نتيجة من حيث الخصائص الحسية والسبب اختلاف أصناف البكتريا الموجودة بتركيبه وتبين من خلال هذه النتائج التأثير الإيجابي لدرجة الحرارة الأعلى على التجفيف في سرعة الوصول إلى الرطوبة النهائية للكشك، كما لوحظ تحسن طفيف في معدل الامتصاص للكشك الناتج مع انخفاض درجة حرارة التجفيف حتى الدرجة 45°C تحت التفريغ.

حافظت عينات الكشك المجففة تحت التفريغ على محتوى أفضل للفينولات الكلية وعلى قدرة مضادة للأكسدة أعلى من العينات المجففة تحت الضغط الجوي. يوصى باستخدام التجفيف تحت التفريغ للحفاظ على خواص أفضل للكشك المجفف.

*عضو هيئة فنية في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

الكلمات المفتاحيّة: الكشـك، البادئ، اللبن الرائب، نسـب الإضـافة، التجفيف الكهربائي، التجفيف تحت التفريغ.

Studying the optimal conditions for Kishk manufacturing and drying

Dr.Nour Zien alabiden*

Abstract

Kishk is one of the most traditional dairy products in the Middle East, made from high-extraction wheat flour and yoghurt. The quality of the added starter is of great importance in the manufacture of the curd used in the manufacture of the kishk, as it contributes greatly to the specifications of the final product. The effect of raw milk specifications, the type of starter added to manufacture yoghurt, and its addition rate were studied. Three types of starters were used with different addition rates of 1.5%, 2%, 2.5%, and 3%. The incubation time and characteristics of the resulting yoghurt were determined, while monitoring the acidity of the sample for several days, in addition to the manufacturing conditions. Drying is in the specifications of the kishk, as two types of electrical drying were used under atmospheric pressure and under vacuum and at different temperatures.

The addition rate of 2% of starter culture C gave the best result due to its composition of bacteria in terms of sensory properties. These results showed the positive effect of the higher temperature on drying in terms of quickly reaching the final humidity of the stall. A slight improvement was also observed in the specifications of the resulting kishk with reducing the drying temperature to 45°C in vacuum drying. Kishk samples in vacuum drying maintained better total phenols content and higher antioxidant capacity than samples dried

* Dr. Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University

under atmospheric pressure. Drying under vacuum is recommended to maintain better properties of the dried kishk.
Keywords: kishk, starter, yoghurt, addition rate, electrical drying, vacuum drying.

أولاً- المقدمة Introduction:

تُعدّ الألبان المتخمرة من أقدم المنتجات اللبنية التي عرفها الإنسان منذ آلاف السنين، وهي منتجات تقليدية خاصة. تتميز منتجات الألبان المتخمرة بنكهة وطعم حامضي وقيمة غذائية مرتفعة فهي تمثل وجبة غذائية كاملة لمختلف مراحل العمر، حيث تعد مصدراً ممتازاً للبروتين والمعادن وبخاصة الكالسيوم والفوسفور والفيتامينات عدا عن أهميتها من الناحية الطبية والعلاجية [1].

ويعد الكشك أحد منتجات التخمر اللبني الشعبية المنتشرة في بعض دول شرق البحر الأبيض المتوسط، حيث يطلق على هذا المنتج أسماء تختلف باختلاف الدول المنتجة له، ففي سورية ومصر ولبنان يطلق عليه Kisk أو Khisk أو Kushuk، وفي العراق kushik، وفي إيران kashk أو kashg.

إن التحكم بالعوامل المؤثرة في عملية تخمر اللبن الرائب أمر حيوي جداً للحصول على منتج من الكشك يتمتع بمواصفات جيدة وإطالة مدة صلاحيته وتخفيض معدلات الهدر، هذا يعني زيادة الريعية الاقتصادية من عملية تصنيع هذا المنتج اللبني [2].

تخمر الأغذية المختلفة بشكل عام واللبنية بشكل خاص بوساطة البكتيريا اللبنية (LAB)، ويعتبر ذلك من أقدم أشكال الحفظ الحيوي التي زاولتها البشرية، ويعرف التخمر اللبني بأنه مجموعة التفاعلات البيوكيميائية التي تقوم بها الأحياء الدقيقة والتي يتم بموجبها تحول الكربوهيدرات في الشروط اللاهوائية إلى حمض اللبن، ويعتبر أحد التفاعلات الأكثر انتشاراً في الطبيعة وكان باستور أول من اكتشفه ودرسه في عام

1857 ويؤدي إنتاج حمض اللبن إلى منع نمو الأحياء الدقيقة غير المرغوبة. للبكتيريا اللبنية مساهمة كبيرة في تزايد حجم الأغذية المتخمرة في العالم، حيث تسهم أجناس *Lactococcus*، *Lactobacillus*، *Leuconostoc*، *Streptococcus* و*Pediococcus* دوراً كبيراً في هذه التخمرات. بالإضافة إلى .*Lactobacillus* spp وأنواع *Bifidobacterium*، يستخدم التخمر اللبني على نطاق واسع في تصنيع المنتجات اللبنية المتخمرة مثل الأجبان والألبان المتخمرة، ويحدث هذا التخمر نتيجة لوجود الأحياء الدقيقة وأنزيماتها في الحليب، وتعرف هذه الأحياء الدقيقة بالبادئات في مجال صناعة الألبان [3].

يتم مزج الحليب ومزيج من الحبوب المجففة، ويعاد تشكيلهما وطهيهما لتحضير الحساء (الكشك، الترهانة)، والتي تعد مصدراً مهماً للمغذيات للإنسان، خاصة للرضع والأطفال الصغار، والكشك هو مكون شائع في النظام الغذائي في الشرق الأوسط، هو منتج لبني تقليدي تم إنتاجه في المناطق الريفية منذ سنوات عديدة. وقد توارثت أساليب إنتاجه عبر الأجيال المتعاقبة. تقليدياً، الكشك مصنوع من البرغل (القمح الصلب المتكسر المسلوق) واللبن (الحليب المخمر). ويُترك الخليط ليتخمر في درجة حرارة محيطة لمدة 8–4 أيام، ويُجفف بالشمس إلى 12%–8 محتوى رطوبة ويطحن أخيراً إلى مسحوق ناعم وعلى الرغم من القيمة الغذائية المرتفعة للكشك إلا أنه لا يزال محدود الانتشار [4].

يحتوي القمح على العديد من الأحماض الفينولية والكاروتينات المهمة لصحة الإنسان [5] وتعزز عملية التخمير من تواجد هذه المركبات وزيادة الفعالية المضادة للأكسدة بسبب الانهيار الهيكلي لجدران خلايا الحبوب وتحرير المركبات الفينولية المرتبطة نتيجة نشاط البكتريا اللبنية [6] وأظهرت تقنيات التجفيف اللاحقة المختلفة إمكانية تعزيز لقابلية استخلاص المركبات الفينولية من المنتج المتخمر (الكشك) [7].

درس الباحث Ekinki عام (2005) تأثير التخمير (30°C لمدة 4 أيام) والتجفيف في محتوى الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء بالترهانة (منتج مشابه للكشك، وهي ناتجة عن إضافة القمح واللبن الرائب ويمكن إضافة البندورة ومجموعة من التوابل)، وتم تجفيف الخليط في مجفف هواء ساخن عند ثلاث درجات حرارة (50°C لمدة 48 ساعة)، و(60°C لمدة 40 ساعة) و(70°C لمدة 35 ساعة) وتم طحن العينات ناعماً، وتم فحص الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء والنياسين وحمض البانتوتنيك والبيريدوكسين والتيامين وحمض الفوليك والريبوفلافين بطريقة HPLC. أظهرت النتائج أن كلا من التخمير ودرجة حرارة التجفيف أثرت بشكل كبير على محتوى الفيتامينات الذائبة في الماء بالترهانة وبشكل عام، كان لفترة التخمير لمدة 4 أيام تأثير متزايد على محتويات الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء، أما تجفيف العينات بالمجفف عند 70°C أدى لخسائر كبيرة في الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء للعينات عند مقارنتها بمعالجات التجفيف بالمجفف 50°C و60°C [8].

تبين أن تجفيف عينات الترهانة باستخدام التجفيف الشمسي المباشر قد يدمر فيتامين التيامين الحساس للحرارة وفيتامين ريبوفلافين الحساس للضوء [9].

تمت دراسة تأثير طريقة التجفيف بالهواء الساخن (50°C لمدة 8 ساعات) لعينات الكشك بهدف الاختصار من العمل اليدوي بالتجفيف الشمسي المباشر والحد من المخاطر العالية للتلوث الميكروبيولوجي والفيزيائي، وتقييم طريقة التجفيف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية. أظهرت النتائج أن التركيب والسلوك الريولوجي لمسحوق الكشك لم يتغير بالرغم من الاختلافات الطفيفة في التركيب الكيميائي وحجم الحبيبات دون خسارة كبيرة في الخصائص الحسية للكشك [10].

ثانياً: هدف البحث Aim of the research:

دراسة تأثير مواصفات الحليب الخام ونوعية البادئ المستخدم تصنيع اللبن الرائب ونسبة إضافته خلال تصنيع الكشك، إضافة إلى دراسة تأثير شروط التجفيف في مواصفات الكشك الناتج ومدة حفظه، وذلك من أجل تطوير هذه الصناعة الشعبية وضبط جودة المنتج وتحسين شروط حفظه بما يساعد على زيادة تسويقه داخل وخارج القطر. تم في هذا البحث تحضير عينات مختلفة من اللبن الرائب باستخدام ثلاثة أنواع من البادئات.

ثالثاً– مواد البحث وطرائقه Materials and Mothods:

٣-١- المواد المستخدمة Materials:

لإنجاز هذا البحث استخدم في عملية تحضير مزرعة البادئ وعينات اللبن الرائب حليب خام بقري من مصدر ثابت، ويوضح الجدول رقم(1) التركيب الكيميائي للحليب البقري.

جدول (1) التركيب الكيميائي للحليب البقري

القرينة	القيمة [% وزناً]
المادة الصلبة الكلية	12.53 ± 0.15
المواد الدسمة	3.5 ± 0.1
البروتينات	3.3 ± 0.1
سكر اللاكتوز	4.64 ± 0.12
الرماد	0.85 ± 0.13
الحموضة المعايرة مقدرة على أساس حمض اللبن	0.17 ± 0.01

واستخدمت في هذا البحث ثلاثة أنواع مختلفة من البادئات، والرموز التجارية لهذه البادئات هي: (A) YC-X11, (B) B-58, (C) YC-180 وهي إنتاج شركة Biotech Ferment ويوضح الجدول رقم(٢) تركيب البادئ:

جدول (٢) تركيب البادئ المستخدم

نوع البادئ	التركيب
A	Lactobacillius delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus
B	Four *B. coagulans* strains
C	Lactobacillius rhamnosus subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus

واستخدم برغل ناعم من إنتاج محلي وهو محضر من القمح القاسي السوري وفق المواصفات القياسية السورية وفق خطوات التصنيع التقليدية المعمول بها في سورية. من أجل عملية تمليح اللبن المحضر والكشك تم استخدام ملح صخري من مصدر محلي خالي من اليود بعد تخليصه من الشوائب بطريقة الصويل بالماء النقي.

استخدمت بعض المواد الكيميائية الضرورية لعملية تحليل كل من الحليب البقري واللبن الرائب والقدرة المضادة للأكسدة والمركبات الفينولية (ماءات الصوديوم، كربونات الصوديوم، ميتانول، حمض الكبريت المركز، فورمول، حمض الغاليك، كاشف فولين، كاشف DPPH).

٣-٢- طرائق التحليل:

أجريت التجارب العملية والتحاليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة الغذائية في جامعة البعث، حيث تمت دراسة التركيب الكيميائي لعينات من الحليب الخام الذي استخدم في تصنيع البادئ واللبن الرائب، فقد تم تقدير نسب مكونات هذه العينات وفق الطرائق القياسية الآتية:

١. الاختبارات الحسية: وفقاً للمواصفة القياسية السورية رقم 2295 لعام 2000 الخاصة بالفحص الحسي للأغذية تم التذوق من قبل خمسة أشخاص وتقريب الرقم لأقرب رقم صحيح [11].

٢. تقدير المادة الصـــلبة: وفقاً لطرق التحليل الرســـمية لجمعية المحللين الكيميائين الرسميين (AOAC) الطبعة السابعة عشر لعام 2000 [12].

٣. تقدير نســبة المادة الدســمة: وفقاً للمواصــفة الدولية رقم ISO (1737/2008) الخاصة بتقدير محتوى الدسم [13].

٤. تقدير نســـبة البروتين: تم تحديد محتوى الحليب الخام من البروتين بطريقة سورسن [14].

٥. تقدير سكر اللاكتوز: تم تقدير سكر اللاكتوز في عينات الحليب باستخدام جهاز الريفراكتومتر [14].

٦. تقدير الحموضة المعايرة: وفقاً للطريقة المعتمدة من قبل المنظمة الدولية للتقييس رقم ISO (2963/1997)، وتمّ تقدير الحموضـــة في عيّنات الحليب خلال فترة التّحضـــين بالدّرجات الدورنكية Dornic degree (°D)، وتُعرّف بأنّها عدد مليلترات محلول ماءات الصـــوديوم 1/9 نظامي اللازمة لمعادلة الحموضـــة في 100ml حليب، حيث تعادل كل درجة دورنكية 0.01% حمض لبن [15].

٧. تقدير الرماد: وفقاً لطرق التحليل الرسمية لجمعية المحللين الكيميائيين الرسميين (AOAC) [12].

٨. تم تحديد القدرة المضـــادة للأكســـدة لعينات الكشـــك المجففة باســـتخدام طريقة DPPH وتتلخص الطريقة حســـب [16] بإضـــافة 1.5 ml من محلول (DPPH·) (Sigma Aldrich,USA) المحضّـر حديثاً بتركيز (0.025 g/L في الميتانول 80%) لـــ 37.5µ من العينة المحضّـرة، (تم تحضـير العينات لاختبار قياس القدرة المضـادة للأكسـدة والفينولات الكلية وفق[17]) وبعد حفظ المزيج في مكان مظلم مدة نصـف سـاعة تقاس الامتصـاصـية عند طول موجة

λ=515nm باستخدام جهاز المطياف الضوئي الذي تم تصفيره باستخدام الميتانول 80% كشاهد.

يتم حساب نسبة تثبيط مركب DPPH بتطبيق القانون:

$$\%\boldsymbol{R} = \frac{\boldsymbol{A_0 - A}}{\boldsymbol{A_0}} \times \mathbf{100}$$

حيث:

R: النسبة المئوية لتثبيط (إرجاع) جذر DPPH %،

A_0: امتصاصية محلول DPPH في الميثانول 80% عند طول موجة (515nm) ،

A: امتصاصية محلول DPPH مع العينة عند طول موجة (515 nm) بعد مضي نصف ساعة على التفاعل.

٩. تمّ تقدير محتوى المركبات الفينولية بطريقة فولين– سيوكالتيو وفق [18] عبر تفاعلها مع كاشف فولين– سيوكالتيو Folin – Ciocalteu هو محلول شديد الاصفرار وغير ثابت في الأوساط القلوية حيث يتلاشى لونه بسرعة عند قيم pH عالية ودرجات حرارة عالية، كما تتفاعل الفينولات معه بشكل أسرع في الأوساط القلوية ولهذا يضاف محلول قلوي ليتم التفاعل بين محلول العينة والكاشف (محلول فولين) عند رقم حموضة قريب من (10) لمدة ساعة– ساعتين عند درجة حرارة الغرفة بعيداً عن الضوء. حيث يتم التفاعل بوجود كربونات الصوديوم أي في وسط قلوي (pH=11.5) فيتحول لون كاشف فولين من اللون الأصفر إلى الأزرق الذي يملك امتصاصية عظمى عند طول الموجة 765nm حيث تتناسب الشدة الضوئية مع تركيز المركب الفينولي تمّ رسم المنحني القياسي الذي يربط بين تركيز حمض الغاليك والامتصاصية الموافقة، فنحصل على مستقيم تم إيجاد معادلته بواسطة برنامج Excel، ثم يُحسب

المحتوى الفينولي للعينات بالاستعانة بالمنحني القياسي وبقيمة امتصاصية العينة حيث تم تعويض قيمة الامتصاصية للعينة في معادلة المنحني القياسي لإيجاد تركيز المركبات الفينولية في العينة مقدرة بعدد الميلي غرامات المكافئة من حمض الغاليك.

٣-٣- تحضير العينات:

تم في هذا البحث دراسة تأثير شروط التصنيع من خصائص الكشك من حيث نوع البادئ المستخدم في تصنيع اللبن الرائب اللازم لتحضير الكشك ونسبة البادئ المضاف إلى الحليب لتحضير اللبن، وكذلك درست شروط تجفيف عينات الكشك المحضرة باستخدام (مجفف كهربائي تحت الضغط الجوي، مجفف كهربائي تحت التفريغ)، وتم تقييم مواصفات الكشك الناتج في هذه الحالات المختلفة وتحديد الشروط المثلى لتصنيع الكشك.

وقد تم ذلك بتغيير أحد شروط التصنيع ضمن المجالات المبينة في الجدول (3) وتثبيت بقية الشروط.

جدول (3): المتغيرات المدروسة لشروط تصنيع الكشك

القرائن المدروسة	قيم المتغيرات المدروسة			
نوع البادئ	A	B		C
نسبة البادئ [%]	1.5	2	2.5	3
حرارة التجفيف[°C] تحت الضغط الجوي	60	70		80
حرارة التجفيف [°C] تحت التفريغ	45	50		55

٣-٣-١- تحضير مزرعة البادئ:

تم تحضير مزرعة البادئ من البادئات المدروسة وفق المراحل الآتية:

- غلي 300ml من الحليب لمدة 5 دقائق.
- تبريد الحليب إلى درجة الحرارة 45°C.

- إضافة 0.5g من البادئ البودرة المجفد.
- تحضين عند درجة الحرارة 45°C لمدة 3 ساعات
- تبريد وحفظ عند درجة حرارة المخبر لمدة 12 ساعة.
- حفظ في البراد.

٣-٣-٢- تحضير اللبن الرائب:

تم تحضير اللبن الرائب من المزارع المختلفة وفق الخطوات الآتية:

- غلي 1000ml من الحليب الخام لمدة 5 دقائق.
- تبريد الحليب إلى الدرجة 45°C.
- إضافة البادئ بالنسب المدروسة (1.5-2.0-2.5%).
- تحضين عند درجة الحرارة 45°C تمام التخثر وسجل الزمن.
- تبريد وحفظ عند درجة حرارة المخبر لمدة 12 ساعة.
- إجراء الاختبارات الحسية والكيميائية والفيزيائية على اللبن الناتج، حيث أعطيت درجات من 1 إلى 5 للاختبارات الحسية.

٣-٣-٣- تصنيع عينات الكشك:

تم تحضير عينات الكشك وفق الخطوات الآتية: [2]

- في اليوم الأول تم تحضير 1Kg من اللبن الرائب (بعد تحديد نوع البادئ المستخدم ونسبة الإضافة).
- في اليوم الثاني إضافة نصف ملعقة طعام إلى اللبن المحضر من ملح الطعام الصخري وبعد التحريك يترك مخزن في وعاء بلاستيكي دون تبريد.
- في اليوم الثالث تم تحضير 1Kg من اللبن الرائب.
- في اليوم الرابع إضافة نصف ملعقة طعام إلى اللبن المحضر من ملح الطعام الصخري وبعد التحريك يترك مخزن في وعاء بلاستيكي دون تبريد.

- في اليوم الخامس تم تحضير 1Kg من اللبن الرائب.
- في اليوم السادس إضافة نصف ملعقة طعام إلى اللبن المحضر من ملح الطعام الصخري وبعد التحريك يترك مخزن في وعاء بلاستيكي دون تبريد.
- في اليوم السادس تم تحضير 1Kg من اللبن الرائب.
- في اليوم السابع يوضع 1Kg من البرغل الناعم في المجفف عند درجة حرارة 45°C لمدة ساعة واحدة.
- توضع كميات اللبن المحضرة في الدفعات الأولى والثانية والثالثة في وعاء واسع ومكشوف ويضاف البرغل الساخن على دفعات مع التحريك حتى يمتزج بشكل جيد.
- تتم تغطية الوعاء لمدة 5-4 ساعات ومن ثم تنعيم المنتج بالماكينة الكهربائية.
- يضاف بعد التنعيم كمية اللبن المحضرة في الدفعة الرابعة وتمزج بشكل جيد.
- توضع المواد في كيس قماشي ويحكم إغلاقه ويوضع فوق شبك للتصفية ويترك حتى اليوم التالي.
- في اليوم الثامن يتم تقطيع الكشك إلى قطع صغيرة بواسطة ملعقة مناسبة وتنشر القطع على صواني تجفيف وتوضع في المجفف الكهربائي عند درجات حرارة التجفيف المدروسة(60-70-80°C) وفي المجفف تحت التفريغ (45-50-55°C)
- يتم تقليب كرات الكشك عدة مرات حتى يجف الكشك بشكل تام (رطوبة نهائية حوالي 8%)، ومن ثم يعبأ في أكياس تحت التفريغ ويخزن في مكان مناسب.

٣-٣-٣-١- طريقة تجفيف الكشك بالمجفف تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ:

تمت التجربة وفق الخطوات الآتية:

- تم تحديد محتوى الرطوبة في عينات الكشك المحضرة، حيث بلغت وسطياً 64%.
- تم تشغيل المجفف الكهربائي المخبري تحت الضغط الجوي وضبط درجة حرارته عند الدرجة المدروسة.
- تم تشغيل المجفف الكهربائي المخبري تحت التفريغ وضبط درجة حرارته عند الدرجة المدروسة.
- بعد وصول حرارة المجفف إلى الدرجة المدروسة، وضعت ثلاث عينات من أقراص الكشك المحضرة مخبرياً بعد تحديد وزنها بدقة على رقائق من السيلوفان ضمن المجفف وتم تسجيل زمن بدأ التجربة.
- تمت مراقبة عينات الكشك ضمن المجفف حتى وصول نسبة الرطوبة فيها إلى حوالي 8-10% وذلك من خلال تتبع انخفاض الوزن خلال التجربة وتم تسجيل زمن التجفيف.
- أجريت الاختبارات الفيزيائية والكيميائية اللازمة على العينات المجففة.

٣-٤- التحليل الاحصائي:

تم اجراء ثلاث مكررات لكل اختبار، وعبر عن النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام المتوسط الحسابي ± الإنحراف المعياري، أجري التحليل الاحصائي باستخدام برنامج Minitab 18 حيث استخدم تحليل التباين باتجاه واحد (One Way ANOVA) عند مستوى ثقة ($P<0.05$) للمقارنة بين المتوسطات.

رابعاً: النتائج والمناقشة Results and Discussion:

٤-١- دراسة تأثير نوع البادئ:

استخدم في هذا البحث ثلاثة أنواع مختلفة من البادئات المجفدة في تحضير عينات من اللبن الرائب وذلك بإضافة نسبة 2.5% من مزرعة البادئ المحضرة. وفي كل عينة تم

تحديد زمن التحضين وخصائص اللبن الناتج مع مراقبة حموضة العينة لعدة أيام. حيث يبين الجدول (٤) نتائج استخدام البادئات الثلاثة في تحضير اللبن الرائب. كما يبين الجدول (٥) تأثير نوع البادئ المضاف في تغير حموضة اللبن الرائب المحضر مع الزمن خلال سبعة أيام من التخزين.

جدول (٤): نتائج تحضير اللبن من البادئات المختلفة

نوع البادئ	الحموضة [°D]	زمن التحضين [دقيقة]	الرائحة والطعم	القوام
A	71	125	3	3
B	59	250	5	3
C	64	158	4	5

جدول (٥): تأثير نوع البادئ المضاف في تغير حموضة اللبن المحضر مع الزمن [°D]

نوع البادئ / زمن التخزين	البادئ A	البادئ B	البادئ C
اليوم الأول	^{a} 71±0.5 E	^{c} 59±0.4 E	^{b} 64±0.4 F
اليوم الثاني	^{a} 83±0.4 DE	^{c} 78±0.4 D	^{b} 72±0.4 E
اليوم الثالث	^{a} 97±0.4 D	^{c} 81±0.5 D	^{b} 83±0.4 D
اليوم الرابع	^{a} 115±0.5 C	^{c} 88±0.5 C	^{b} 96±0.5 C
اليوم الخامس	^{a} 128±0.5 B	^{c} 94±0.4 B	^{b} 105±0.5 C
اليوم السادس	^{a} 150±0.4 AB	^{c} 97±0.5 AB	^{b} 120±0.5 B
اليوم السابع	^{a} 165±0.4 A	^{c} 104±0.5 A	^{b} 135±0.4 A

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى وثوقية 5%.

يصنع الكشك من دقيق القمح المرتفع الاستخراج أو من حبوب القمح المعاملة حرارياً واللبن الرائب. لنوعية البادئ المضاف ونسبته أهمية كبيرة جداً في صناعة اللبن الرائب المستخدم في تصنيع الكشك، فهو يسهم إلى حد كبير في مواصفات المنتج النهائي. والبادئات المستعملة في صناعة اللبن الرائب إما أن تكون بادئات طبيعية وهي عبارة عن جزء من إنتاج اليوم السابق، أو مزارع نقية من بكتيريا مرغوبة منتخبة معروفة المصدر والصفات [19]. ويلعب محتوى الدسم ومصدر الحليب وتركيبه دوراً مهماً في الخصائص الحسية أثناء تصنيع اللبن الرائب [20].

يلاحظ من الجدول رقم (٤) أن العينات اللبن المحضرة من البادئ C تمتعت بزمن تحضين معتدل وبأفضل تقييم حسي للعينات المحضرة ومن الجدول رقم (٥) يُلاحظ أن تغير حموضة اللبن الرائب في العينات المحضرة من البادئ نوع C مع الزمن خلال سبعة أيام من التخزين أفضل بالمقارنة مع البادئ A أو البادئ B [21].

٤-٢- دراسة تأثير نسبة البادئ المضاف:

تمت إضافة نسب مختلفة من البادئ نوع C وأجريت أربعة تجارب عند القيم المتغيرة لنسبة البادئ المضاف وهي (1.5-2.0-2.5-3.0%) من وزن الحليب المستخدم في التجربة، ويبين الجدول (٦) نتائج استخدام نسب مختلفة من مزرعة البادئ المضافة في تحضير اللبن الرائب، كما يبين الجدول (٧) تأثير نسبة البادئ المضاف في تغير حموضة اللبن الرائب المحضر مع الزمن خلال سبعة أيام من التخزين.

جدول (٦): نتائج تحضير اللبن بإضافة نسب مختلفة من البادئ

نسبة البادئ	الحموضة [°D]	زمن التحضين [دقيقة]	الرائحة والطعم	القوام
1.5	57	275	3	2
2.0	60	205	5	5
2.5	64	158	4	5
3.0	73	135	4	4

جدول (٧): تأثير نسبة البادئ المضاف في تغير حموضة اللبن المحضر مع الزمن [°D]

نسبة البادئ / زمن التخزين	1.5%	2%	2.5%	3.0%
اليوم الأول	^{d} 57±0.4 E	^{c} 60±0.4 F	^{b} 64±0.4 F	^{a} 73±0.5 G
اليوم الثاني	^{d} 63±0.4 D	^{c} 67±0.4 E	^{b} 72±0.4 E	^{a} 80±0.5 F
اليوم الثالث	^{d} 70±0.5 CD	^{c} 73±0.5 DE	^{b} 83±0.4 D	^{a} 91±0.4 E
اليوم الرابع	^{d} 74±0.4 C	^{c} 78±0.4 D	^{b} 96±0.5 C	^{a} 103±0.4 D
اليوم الخامس	^{d} 80±0.4 B	^{c} 89±0.4 C	^{b} 105±0.5 C	^{a} 119±0.5 C
اليوم السادس	^{d} 89±0.5 AB	^{c} 97±0.5 B	^{b} 120±0.5 B	^{a} 133±0.4 B
اليوم السابع	^{d} 100±0.5 A	^{c} 106±0.5 A	^{b} 135±0.4 A	^{a} 157±0.4 A

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى وثوقية 5%.

يتبين من خلال هذه النتائج أن زمن التحضين يتعلق بشكل كبير بالنسبة المضافة من مزرعة البادئ، حيث أعطت نسبة الإضافة 2% من مزرعة البادئ C أفضل نتيجة من حيث الخصائص الحسية كما أن زمن التحضين في هذه الحالة كان ضمن الحدود المقبولة صناعياً، بينما أعطت نسب الإضافة 3%–2.5 سرعة أكبر في زمن التحضين ولكن على حساب جودة الخصائص الحسية لعينات اللبن الرائب المحضرة بالمقابل أعطت نسبة الإضافة 1.5% زمن أطول في التحضين ومواصفات حسية غير جيدة من

حيث الطعم والنكهة والقوام لينة اللبن المحضـرة. كما نلاحظ أن سـرعة ارتفاع حموضـة اللبن المحضر تناسبت طرداً مع زيادة نسبة البادئ المضاف [21,22].

٤-٣- تأثير طريقة تجفيف عينات الكشك في محتوى الرطوبة:

يبين الجدول (٨) نسـبة الرطوبة لعينات الكشـك المجففة بالمجفف تحت الضـغط الجوي وتحت التفريغ خلال زمن التجفيف، كما يبين الشـكل رقم (1) معامل امتصـاص العينات المجففة بهذه الطرق.

جدول (٨) نسبة الرطوبة% في عينات الكشك

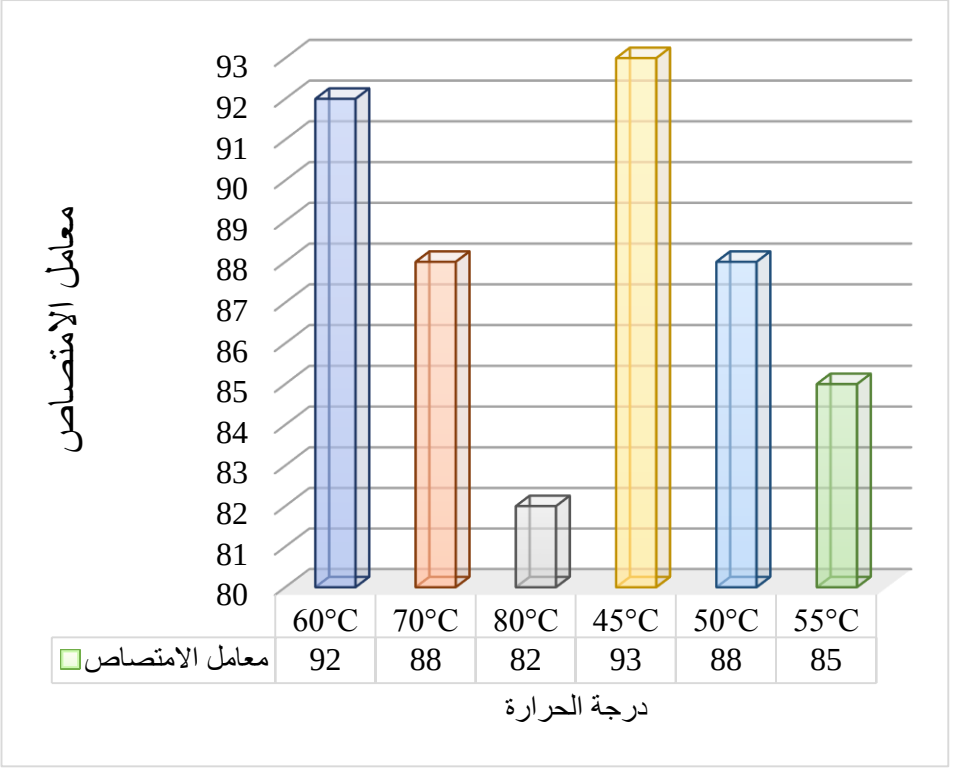
الزمن	درجة الحرارة تحت الضغط الجوي			درجة الحرارة تحت التفريغ		
Hr	60°C	70°C	80°C	45°C	50°C	55°C
0	^{a}64±0.33A	^{a}64±0.33A	^{a}64±0.33A	^{a}64±0.33A	^{a}64±0.33A	^{a}64±0.33A
3	^{a}48.58±0.22B	^{b}45.28±0.27B	^{c}42.08±0.19B	^{b}44.38±0.25B	^{c}42.07±0.34B	^{d}38.55±0.28B
6	^{a}38.73±0.35C	^{c}32.15±0.35C	^{e}27.12±0.24C	^{b}34.08±0.22C	^{d}28.18±0.28C	^{f}22.96±0.24C
9	^{a}29.55±0.28D	^{c}23.82±0.19D	^{e}19.57±0.31D	^{b}24.96±0.31D	^{d}20.88±0.31D	^{f}15.75±0.31D
12	^{a}23.17±0.25E	^{c}18.91±0.24E	^{e}14.43±0.27E	^{b}21.55±0.19E	^{d}15.17±0.19E	^{f}11.83±0.19E
15	^{a}17.55±0.19F	^{bc}13.55±0.35F	^{d}10.72±0.33F	^{b}13.87±0.21F	^{c}11.03±0.22F	^{e}8.91±0.25F
18	^{a}12.93±0.31G	^{bc}10.49±0.29G	^{d}8.25±0.28G	^{b}10.86±0.17G	^{c}8.3±0.28G	
21	^{a}10.72±0.26H	^{b}8.81±0.32H		^{b}8.7±0.27H		

24	^{d}9.01±0.2 8l					

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد، أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى وثوقية 5%.

يتبين من خلال هذه النتائج التأثير الايجابي لدرجة الحرارة على التجفيف في سرعة الوصول إلى الرطوبة النهائية للكشك وهذا له أثر اقتصادي ولكن من حيث علامات التقييم الحسي فقد كان لدرجة الحرارة الأدنى النتيجة الأفضل من حيث الحصول على كشك بمواصفات جيدة وكذلك كان معدل الامتصاص هو الأعلى عند درجة حرارة التجفيف الأدنى 60°C.

تظهر نتائج التجربة تأثير واضح لعملية التجفيف تحت التفريغ في زيادة سرعة التجفيف والمحافظة على مواصفات الكشك الناتج بشكل أفضل بالمقارنة مع التجفيف تحت الضغط الجوي النظامي، كما لوحظ تحسن طفيف في مواصفات الكشك الناتج مع تخفيض درجة حرارة التجفيف حتى الدرجة 45°C.



شكل (1) معامل امتصاص عينات الكشك المجففة

تمتعت العينات المجففة عند درجات حرارة أخفض (45°C–60°C) بمعامل امتصاص أعلى وهذا يتوافق مع دراسة عن تأثير طريقة التجفيف في منتج الترهانة ودراسة التغيرات في الخصائص الحسية والوظيفية، تمت دراسة طرق التجفيف بالنفق والتجفيد والمجفف الكهربائي والميكروويف، تبين أن طرق التجفيف المستخدمة تؤثر على مقدرة امتصاص الماء والزيت ونشاط الاستحلاب للترهانة. لوحظ أن العينات المجففة بالنفق تتمتع بأفضل قوام رغوي وأما العينات المجففة بالميكروويف تمتعت بأفضل لون وخصائص حسية [23].

٤–٤– تأثير طريقة التجفيف في الفعالية المضادة للأكسدة لعينات الكشك:

تعزز عملية التخمير من الفعالية المضـادة للأكسـدة ومحتوى المركبات الفينولية في منتجات الحبوب المتخمرة (الكشك) [24].

تم قياس قيمة الفعالية المضـادة للأكسـدة للكشـك الطازج قبل عملية التجفيف 26.07% وهذا يتوافق مع ما وجده الباحث [25]. بينت النتائج الموضحة في الجدول رقم (9) وجود فروق معنوية ($p<0.05$) بين طريقتي التجفيف تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ.

جدول (9) قيمة الفعالية المضادة للأكسدة التي تم تحديدها في عينات الكشك المجففة في المجفف الكهربائي تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ

نوع التجفيف	درجة الحرارة	**قيمة الفعالية المضادة للأكسدة (%)**
التجفيف تحت الضغط الجوي	60°C	37.53±0.15 D
	70°C	38.55±0.18 C
	80°C	38.79±0.21 C
التجفيف تحت التفريغ	45°C	41.73±0.19 B
	50°C	42.69±0.18 A
	55°C	42.85±0.17 A

تشير الأحرف A,B,C,D المختلفة إلى وجود فرق معنوي في زمن التخزين عند مستوى وثوقية 5%

يزداد النشاط المضاد للأكسدة أثناء المعالجة الحرارية (مثل التجفيف والطبخ والخبز) نتيجة لتشكل المركبات الأمادورية (مركبات وسيطية أثناء تفاعل مليرد وتوجد في الأغذية المعالجة حرارياً) والميلانويدات [26] حيـث بسبـب تـوافـر السكـريات المختـزلـة والمجموعات الأمينية من الأحماض الأمينية والبروتينات وتتكون هذه المركبات الأمادورية خلال المعالجة الحرارية [27].

يُلاحظ من الجدول أنّ العينات التي تم تجفيفها تحت التفريغ تمتعت بقدرة مضـادة للأكسدة أكثر من العينات التي تم تجفيفها تحت الضغط الجوي، ولوحظ انخفاض الفعالية

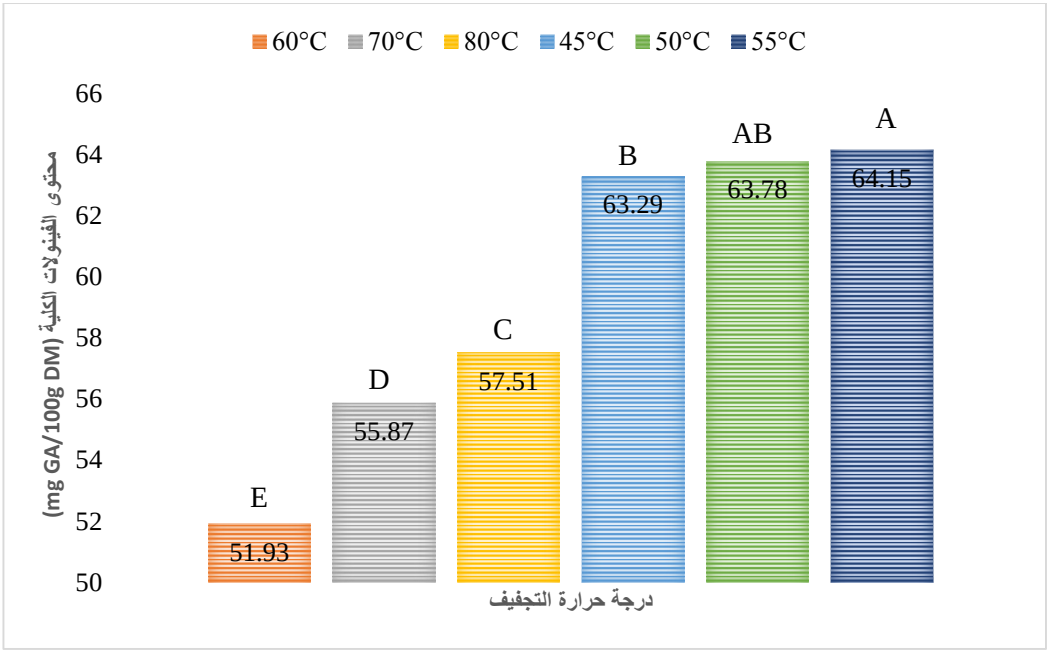
المضادة للأكسدة عند التجفيف باستخدام درجة الحرارة 60°C تحت الضغط الجوي وعند درجة الحرارة تحت التفريغ 45°C بسبب طول زمن التجفيف وهذا يتوافق مع [28].

كما ذكر الباحثون أن المركبات الفينولية تلعب دوراً كبيراً في الخصائص المضادة للأكسدة في منتجات الحبوب بالإضافة للمركبات النشطة بيولوجياً [29,19].

درس الباحث Ibrahim وآخرون عام (2021) إغناء البسكويت بالكشك المصري بنسب (10–50%) مما يحسن من تركيبته الغذائية مثل البروتين والألياف وما إلى ذلك. فقد زاد امتصاص الماء في عجينة بسكويت الكشك، كما أن البسكويت المدعم، وخاصة العينة المحتوية على 50% من الكشك، يحتوي أيضاً على سطوع أعلى (L*) مقارنة بعينة الشاهد. بالإضافة إلى ذلك، احتوت كل من عينات البسكويت المدعمة بالكشك على كمية أكبر من المركبات الفينولية الكلية، وازداد نشاط مضادات الأكسدة مع زيادة كميات الكشك مقارنة مع عينات الشاهد [30].

٤–٥– تأثير طريقة التجفيف في محتوى الفينولات الكلية لعينات الكشك المجففة:

يبين الشكل رقم (2) محتوى الفينولات الكلية (mg GA/100g DM) التي تم تحديدها في عينات الكشك المجففة في المجفف الكهربائي تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ.



تشير الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي عند مستوى وثوقية 5%

شكل (2) محتوى الفينولات الكلية (mg GA/100g DM) التي تم تحديدها في عينات الكشك المجففة في المجفف الكهربائي تحت الضغط الجوي وتحت التفريغ

تلعب الظروف أثناء التخمير (درجة الحرارة، وقيمة الحموضة والـ pH النهائي، وزمن التخمير، والأحياء الدقيقة الموجودة، وكذلك نوع الحبوب وأنسجة الحبوب المستخدمة دوراً مهماً في تحرير الفينولات المرتبطة وزيادة المحتوى الكلي للفينولات [31].

بيّن الباحث Salar وآخرون عام (2016) عن زيادة في المركبات الفينولية للدخن بسبب تحول المركبات الفينولية من شكلها المرتبط إلى الحالة الحرة من خلال الإنزيمات المنتجة أثناء التخمير [32]. ويتوافق محتوى الفينولات الكلية في عينات الكشك المحضرة بالطريقتين مع ما ذكره [33] الذي وجد أنَّ محتوى الفينولات الكلية للكشـــك يتراوح بين (47.3–62.1 mgGA/100g DM)

تتعلق كمية الفينولات في المنتج النهائي باختلاف طريقة التجفيف وزمن التجفيف حيث تؤدي زيادة زمن التجفيف إلى انخفاض محتوى الفينولات الكلية [34] أيضاً يمكن أن ترتبط التأثيرات المختلفة للمعالجات الحرارية على المركبات الفينولية في الكشك بأنواع الحبوب المستخدمة، وطبيعة وموقع المركبات الفينولية في هذه الحبوب، وشدة ومدة المعالجة الحرارية [35].

بينت النتائج الموضحة في الشكل (2) وجود فروق معنوية ($p<0.05$) بين طريقتي التجفيف.

بلغ محتوى الكشك الطازج من المركبات الفينولية الكلية 77.33mgGA/100g DM، يُلاحظ انخفاض المركبات الفينولية في عينات الكشك أثناء عملية التجفيف، حافظ التجفيف تحت التفريغ على محتوى أفضل للمركبات الفينولية مقارنة بالتجفيف عند الضغط الجوي.

يُلاحظ أن انخفاض المركبات الفينولية نتيجة التجفيف بالمجفف تحت التفريغ أقل من التجفيف تحت الضغط الجوي حيث بلغت تقريباً 17.5% و30.8% عالترتيب.

يلاحظ أن نسبة الفقد تتوافق مع الباحث Brandolini وآخرون الذي بين أنه كلما ازداد التعرض للأوكسجين أثناء التجفيف كلما انخفضت الفينولات الكلية [36]، أي أن ثبات المركبات الفينولية أثناء التجفيف يتعلق بظروف التجفيف.

خامساً– الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

من خلال هذا البحث الذي تمت فيه دراسة الشروط لتصنيع وحفظ الكشك من حيث تأثير نوعية وكمية البادئ المستخدم في تصنيع اللبن الرائب وتأثير شروط التجفيف المختلفة في مواصفات الكشك، تم التوصل إلى الاستنتاجات العلمية الآتية:

- يتعلق زمن التحضين بنوع البادئ، تم استخدام البادئ من نوع C لأن سرعة ارتفاع حموضة اللبن المحضر كانت الأكثر اعتدالاً من النوعين الأخرين.

- يتعلق زمن التحضين بالنسبة المضافة من مزرعة البادئ، حيث أعطت نسبة الإضافة 2% من مزرعة البادئ C أفضل نتيجة من حيث الخصائص الحسية.
- تؤثر درجة حرارة التجفيف في سرعة تجفيف الكشك وهذا له أثر اقتصادي.
- معدل الامتصاص لعينات الكشك هو الأعلى عند درجة حرارة التجفيف الأدنى 60°C.
- أثرت عملية التجفيف تحت التفريغ بشكل كبير في زيادة سرعة التجفيف.
- تمتعت العينات المجففة بفعالية مضادة للأكسدة أكثر من المنتج الطازج.
- حافظت عينات الكشك المجففة باستخدام التجفيف تحت التفريغ على محتوى أعلى من المركبات الفينولية الكلية بِـ (mg GA/100g DM) 8.63.
- يُقترح بناء مصانع كبيرة تعتمد التجفيف تحت التفريغ من أجل الإنتاج الواسع والتصدير من هذا المنتج.

المراجع:

المراجع العربية:

١- عطرة، رمضان، (2016) **تقانة الألبان (٢)**، *القسم النظري. مديرية الكتب والمطبوعات- جامعة البعث.*

٣- صادق، شريف. (2006). **علم الأحياء الدقيقة** – *القسم النظري، منشورات جامعة البعث- كلية الهندسة البترولية والكيميائية.*

١١- المواصفة القياسية السورية: (ICS 67240: 2295) لعام 2000 الخاصة بالفحص الحسي للأغذية الجزء الأول والثاني والثالث.

١٤- الميدع، الياس. 1990. " **الألبان.** "، *القسم العملي. مديرية الكتب والمطبوعات. جامعة حلب- كلية الهندسة الزراعية.*

المراجع الأجنبية:

2- Abd-Alla, A., Salman, K. and Mahmoud E. (2020). **Microbiological quality of Kishk, Laban rayeb and Kareish cheese as rural products in Sohag governorate, Egypt**. *Egyptian J. Dairy Sci.,* 48: 65-72.

4- Hajj, E., Yaacoub, R., Al-Arja, N., Scandar, S., & Dib, H. (2019). **Development of a culture-ripened semi-hard Kishk-cheese containing Bourghol or Semolina**. *Journal of Food Research*, 8(1), 21-31.

5- Liu, J., Yu, L. L., & Wu, Y. (2020). **Bioactive components and health beneficial properties of whole wheat foods**. *Journal of agricultural and food chemistry,* 68(46), 12904-12915.

6- Skrajda-Brdak, M., Konopka, I., Tańska, M., & Czaplicki, S. (2019). **Changes in the content of free phenolic acids and antioxidative capacity of wholemeal bread in relation to cereal species and fermentation type.** *European Food Research and Technology* 245(10), 2247-2256.

7- Wang, T., He, F., & Chen, G. (2014). **Improving bio-accessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review.** *Journal of Functional Foods,* 7, 101-111.

8- Ekinki, R. (2005). **The effect of fermentation and drying on the water-soluble vitamin content of tarhana, a traditional Turkish cereal food.** *Food Chem* 90: 127-132.

9- Georgala, A. (2018). **The effect of different parameters on the 'Tarhana' food properties, a review of some literature data.** *Clinical Nutrition and Metabolism.*

10- Salameh, C., Tabet, E., Hosri, C., Desobry-Banon, S., & Scher, J. (2019). **Innovation in small ruminants' dairy products in Lebanon: an alternative drying technique for kishk, a traditional fermented milk. Conference: Innovation for Sustainability in Sheep and Goats**. *Proceedings of the 2nd Joint Seminar of the Subnetworks on Nutrition and on Production Systems of the FAO-CIHEAM Network for Research and Development in Sheep and Goats.*

12- AOAC, (2000). Official Methods of analysis of AOAC International, 17th Edition. USA.

13- International Organization for Standardization, ISO 1737:2008.

15- International Organization for Standardization, ISO 2963:1997.

16- De Torre, M. P., Cavero, R. Y., Calvo, M. I., & Vizmanos, J. L. (2019). **A simple and a reliable method to quantify antioxidant activity in vivo**. *Antioxidants,* 8(5), 142.

17- Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., & Shi, J. (2008). **Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China**. *Food chemistry*, 106(2), 545-551.

18- Shan, S., Huang, X., Shah, M. H., & Abbasi, A. M. (2019). **Evaluation of polyphenolics content and antioxidant activity in edible wild fruits**. *BioMed research international,* (4):1-11.

19- Adebo, O. A., & Gabriela Medina-Meza, I. (2020). **Impact of Fermentation on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Whole Cereal Grains: A Mini Review**. *Molecules (Basel, Switzerland),* 25(4), 927.

20- Mende, S., Rohm, H., Jaros, D. (2015). **Influence of Exopolysaccharides on the Structure, Texture, Stability and Sensory Properties of Yoghurt and Related Products**. *International Dairy Journal*, vol. 52, p. 57-71.

21- Zajác, P., Kúšová, L., Benešová, L., Čapla, J., Čurlej, J., & Golian, J. (2020). **Effect of commercial yogurt starter cultures on fermentation process, texture and sensoric parameters of white yogurt**. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 14. 300-306.

22- Singh, J & Vyas, A. (2022). **Advances in Dairy Microbial Products**. *Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier.*

23- Hayta, M., Alpaslan, M., & Baysar, A. (2006). **Effect of Drying Methods on Functional Properties of Tarhana: A Wheat Flour-Yogurt Mixture. Journal of Food Science**. 67, 740-744.

24- Balli, D., Bellumori, M., Pucci, L., Gabriele, M., Longo, V., Paoli, P., & Innocenti, M. (2020). **Does fermentation really increase the phenolic content in cereals? A study on millet**. *Foods,* 9(3), 303.

25- Salman, K & Ali, E & Abd-Alla, A. (2020). **Preparing Untraditional Kishk Formula with Purslane as Natural Source of Bioactive Compounds**. *Journal of Food and Dairy Sciences.* 11, 299-305.

26- Hidalgo, A., Yilmaz, V. A., & Brandolini, A. (2016). **Influence of water biscuit processing and kernel puffing on the phenolic acid content and the antioxidant activity of einkorn and bread wheat**. *Journal of Food Science and Technology- Mysore*, 53, 541–550.

27- Messia, M. C., Iafelice, G., & Marconi, E. (2012). **Effect of parboiling on physical and chemical characteristics and non-enzymatic browning of emmer (Triticum dicoccon Schrank)**. *Journal of Cereal Science,* 56, 147–152.

28- Laishram, B., & Das, A. B. (2017). **Effect of thermal pretreatments on physical, phytochemical, and antioxidant properties of black rice pasta**. *Journal of Food Process Engineering,* 40(5), e12553.

29- Bhanja Dey, T., & RC, K. (2014). **Enhanced production and extraction of phenolic compounds from wheat by solid-state fermentation with *Rhizopus oryzae* RCK2012**. *Biotechnol Rep* 4: 120–127.

30- Ibrahim, G. E., Bahgaat, W. K., Hussein, A. M. S. (2021). **Egyptian kishk as a fortificant: Impact on the quality of biscuit**. *Foods and Raw Materials*, vol. 9, no. 1, pp. 164–173.

31- Tsafrakidou, P., Michaelidou, A. M., & G Biliaderis, C. (2020). **Fermented Cereal-based Products: Nutritional Aspects, Possible Impact on Gut Microbiota and Health Implications**. *Foods* (Basel, Switzerland), 9(6), 734.

32- Salar, R. K., Purewal, S. S., & Bhatti, M. S. (2016). **Optimization of extraction conditions and enhancement of phenolic content and antioxidant activity of pearl millet fermented with Aspergillus awamori MTCC-548.** *Resource-efficient technologies*, 2(3), 148-157.

33- O'Callaghan, Y., Shevade, A.V., Guinee, T., O'Connor, T., & O'brien, N. (2019). **Comparison of the nutritional composition of experimental fermented milk: wheat bulgur blends and commercially available kishk and tarhana products.** *Food chemistry*, 278, 110-118.

34- Yilmaz, V. A. (2019). **Investigation of bioactive compounds and antioxidant capacities of various cereal products**. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University.*, 36, 10–22.

35- Chandrasekara, A., Naczk, M., & Shahidi, F. (2012). **Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains**. *Food Chemistry,* 133, 1–9.

36- Brandolini, A., Castoldi, P., Plizzari, L., & Hidalgo, A. (2013). **Phenolic acids composition, total polyphenols content and antioxidant activity of Triticum monococcum, Triticum turgidum and Triticum aestivum: A two- years evaluation.** *Journal of Cereal Science*, 58, 123-131.

دراسة تأثير الطباعة بالبيغمنت في بعض خواص الأقمشة القطنية المصنعة من غزول مختلفة

م. حلا المصطفى[١]

د. م. زياد سفور[٢]

د.م. خلدون يوسف[٣]

١- طالبة دكتوراه- قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية- جامعة البعث

٢- استاذ مساعد -قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية- جامعة البعث

٣- استاذ مدرس- قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية- جامعة البعث

ملخص البحث

تعد عملية الطباعة واحدة من أهم المعالجات النهائية للمنسوجات، يمكن تعريفها بأنها عملية تشكيل رسوم وتصاميم موضعية ضمن مساحات محددة على سطح القماش، ومن الممكن إجراء الطباعة على مختلف أنواع الأقمشة المنسوجة أو المحاكة أو غير المنسوجة باستخدام طرق الطباعة المختلفة.

تتغير خواص الأقمشة الفيزيائية والميكانيكية تبعاً لبنية الخيط التي تتبع بدورها نوع العملية التكنولوجية (طريقة الغزل) المستخدمة لإنتاج هذا الخيط.

يتناول هذا البحث تحضير معجونة طباعة من أصبغة بالبيغمنت و تطبيقها على نوعين من الأقمشة القطنية لهما نفس التركيب النسيجي باختلاف نوع خيوط الحدف: الأول(حلقي–توربيني) والثاني(حلقي–حلقي) عن طريق الطباعة بواسطة الشبلون المسطح، ومن ثم إجراء اختبار لقياس لزوجة المعجونة، إضافة إلى و إجراء بعض الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية مثل قوة الشد ، قوة التمزق، الثباتية تجاه الاحتكاك الجاف والرطب، الثباتية تجاه الغسيل، نفوذية الهواء، الصلابة، السماكة، مقاومة التجعد ووزن المتر المربع.

أظهرت النتائج ازدياد في قوة الشد إضافة إلى انخفاض في قوة التمزق وازدياد في الصلابة وانخفاض في نفوذية الهواء والسماكة وازدياد في وزن المتر المربع وازدياد في مقاومة التجعد، ومقاومة عالية للاحتكاك الجاف ومقاومة منخفضة للاحتكاك الرطب في العينات المطبوعة مقارنة مع العينات المرجعية.

كلمات مفتاحية: طباعة بالبيغمنت، الأقمشة القطنية ، الخواص الفيزيائية والميكانيكية، الغزل الحلقي، الغزل التوربيني

Study of the Effect of Pigment Printing on Some Properties of Cotton Fabrics Made from Different Yarns

Abstract

The printing process is one of the most important finishing processes for textiles.It can be defined as the process of forming local drawing and designs within specific areas on the surface of the fabric. It is possible to

perform printing on various types of woven, knitted, or non-woven fabrics using different printing methods.

The physical and mechanical properties of fabrics change with structure of the thread, which in turn depends on the type of technological spinning process used to produce this yarn.

This research deals with the preparation of printing paste with pigment dyes and its application on two types of cotton fabrics with the same textile structure depending on weft yarns. The first(Ring-open end) and the second(Ring- Ring) by printing with flat screens then conducting a test to measure the viscosity of the paste, in addition to conducting some physical and mechanical tests such as tensile strength, tear strength, Fastness to dry and wet rubbing, Fastness to washing, air permeability, stiffness, , thickness, angle wrinkle recovery, and weight per square meter.

The results showed an increase in tensile strength, in addition to a decrease in tear strength, and increase in stiffness, a decrease in air permeability and thickness, and an increase in high weight per square meter and the angle wrinkle recovery, high fastness to washing for most samples, in addition to high fastness to dry rubbing and low fastness to wet rubbing, of printing fabrics compared to reference samples.

Keyword: pigment printing, cotton fabrics, physical and mechanical properties, Ring spinning, open-end spinning

١ – مقدمة

تتألف معظم الخامات النسيجية كالقطن والفسكوز و البولستر وغيرها من خيوط مغزولة. يتم إنتاج الغزول بواسطة أنظمة غزل مختلفة من أهمها نظام الغزل الحلقي المسرح أو الممشط ونظام الغزل التوربيني[١].

تمتلك هذه الغزول خواصاً ميكانيكية مختلفة، تجعل من الممكن تصنيع أقمشة بمواصفات مختلفة تلبي متطلبات الاستخدام النهائي[١].

يعد القطن من أهم الألياف في صناعة النسيج والأكثر استهلاكاً، وتعد عملية تلوينه واحدة من أهم الخواص التي تضفي على النسيج خصائصه الجمالية، حيث يتم تلوينه إما عن طريق الصباغة أو عن طريق الطباعة[٢].

تحتل الطباعة بالبيغمنت مكانة مرموقة وهامة لاقتصاديتها وميزاتها التقنية كعاملي وفر الوقت والطاقة لعدم احتياجها لعمليات لاحقة[٣] . يعود اختيار نوع الصبغة في المعجونة إلى نوع المادة النسيجية والخصائص اللاحقة المطلوبة [٤] [٥].

في عام ٢٠١٤ قام الباحث كاوا مامو بدراسة مقارنة خواص الخيوط والأقمشة بين الغزل الحلقي والغزل التوربيني وتوصل إلى أن الأقمشة المصنعة من خيوط غزل توربيني أكثر سماكة وذات وزن متر مربع أكبر مقارنة بالأقمشة المصنعة من خيوط غزل حلقي، إضافة لذلك تتمتع هذه الأقمشة بمقاومة عالية تجاه الاحتكاك مقارنة مع الأقمشة المصنعة من خيوط غزل حلقي [١].

في عام 2023 قام الباحث KILIC ARZU بتوجيه المصممين إلى اختيار نوع الطباعة وفقاً لنوع القماش ، ولهذا السبب تم دراسة تأثير الطباعة بالبيغمنت على الخواص الفيزيائية والراحة الحسية، حيث تم اختيار ثلاثة أصناف من الأقمشة وثلاث وصفات وطريقتي تطبيق للمعجونة، إذ تبين أن عملية الطباعة أدت إلى ازدياد في وزن المتر المربع والسماكة والصلابة لكل الطرق من أجل جميع الأقمشة، وأدت إلى انخفاض في نسبة الانضغاطية(Relative compressibility%) وانخفاض في نفوذية الهواء[٦].

١-١- نوع الخيوط

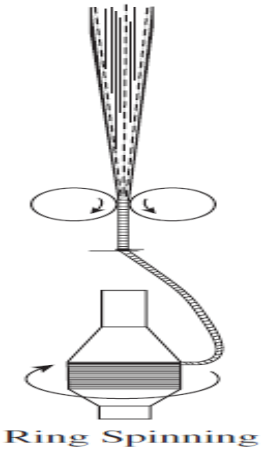
يمكن الحصول على الخيوط بنفس الكثافة الخطية عبر استخدام عدة أنظمة لإنتاج الخيوط، فالطرق المستخدمة لبرم الألياف وتشكيل الخيوط متنوعة جداً. إن الطرق الأكثر شيوعاً هي طريقة الغزل الحلقي والغزل التوربيني والغزل المدمج، يمكن أن تمتلك الخيوط المنتجة نفس الكثافة ونفس معامل البرم إلا أنها تختلف بشكل واضح في توجيه الشعيرات ضمن البنية[١].

١-١-١- خيوط الغزل الحلقي

تستخدم طريقة الغزل الحلقي منذ سنوات بعيدة وتشكل أهم طرق إنتاج الخيوط حالياً، إن نظام الغزل الحلقي هو العملية التي يتم بها تحويل الشعيرات المتشابكة إلى شعيرات أكثر استقامة وتوازياً وإعطاؤها البرمات لتتماسك مع بعضها وتدخل ضمن تركيب الخيط.

تنتج الألياف عبر عدة مراحل من سحب الشريط لإعطائه الكثافة الخطية المطلوبة ومن ثم برم الخيط وإكسابه البرمات بواسطة المغزل والزردة. وتكون النتيجة مجموعة من الشعيرات المتوضعة بشكل حلزوني ضمن بنية الخيط تكون شبه متوازية داخل الخيط ويزداد مستوى البرم كلما تم الاقتراب من سطح الخيط [١].

يوضح الشكل(١) مخطط عملية الغزل الحلقي.



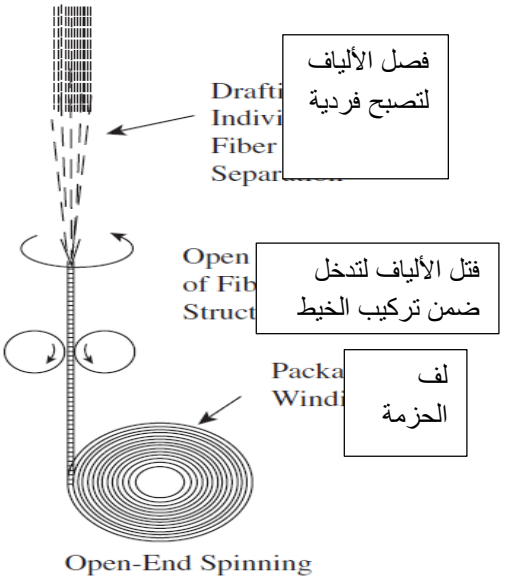
الشكل(١) مخطط عملية الغزل الحلقي[١]

١-١-٢- خيوط الغزل التوربيني

يتم إنتاج خيوط الغزل التوربيني بآلية تختلف تماماً عن خيوط الغزل الحلقي، إذ يفرق الشريط بشكل كامل إلى شعيرات فردية يتم تغذيتها إلى حجرة دوارة، يتم تفريق الشعيرات إلى شعيرات فردية بواسطة أسطوانة تغذية صغيرة وتغذى إلى ضارب سريع الدوران مغطى بكسوة معدنية. يفصل الضارب الشعيرات ويقذفها إلى تيار هوائي ضمن أنبوب توصيل. تترسب الشعيرات ضمن أخدود على شكل حرف(V) على

محيط الروتر. ومن ثم تنتزع الشعيرات من محيط الروتر لتضم إلى الطرف المفتوح لخيط سابق. بانضمام الشعيرات إلى الخيط تدخل البرمات إلى الخيط بواسطة حركة الروتر. تحتوي الشعيرات السطحية على برم أقل من الشعيرات التي تكون في مركز الخيط . [١]

يوضح الشكل (٢) مخطط عملية الغزل التوربيني .



الشكل(٢) مخطط عملية الغزل التوربيني[١]

١-١-٣- الفرق بين خصائص خيوط الغزل الحلقي وخيوط الغزل التوربيني

يعد خيط الغزل الحلقي ذو متانة قطع أفضل من خيط الغزل التوربيني، إلا أن استطالة القطع لخيط الغزل التوربيني أفضل من الحلقي، أما التشعر في خيط الغزل

التوربيني أقل من الحلقي، إضافة إلى أن مقاومة الاحتكاك في التوربيني أفضل من الحلقي، أما بالنسبة لخصائص امتصاصية الماء ونفوذية الهواء فكلاهما يمتلك قدرة عالية على امتصاص الماء ونفوذ الهواء من خلاله.[١]

١-٢- أنواع الطباعة

توجد تقنيات عديدة للطباعة ومن أبرز هذه التقنيات الطباعة بالشبلونات المسطحة [٧]،[٥].

١-٢-١- الطباعة بالشبلونات المسطحة

الشبلون عبارة عن قماش مشدود على إطار(قالب) ويكون الإطار ذو مقطع مربع أو مستطيل مصنوعاً من المعدن أو الخشب ويفضل المعدن لأنه أكثر ثباتاً. شاشتها (القماش) عبارة عن سطح مزود بثقوب مفتوحة أو مغلقة، تمرر المعجونة من خلالها لتنفذ من الثقوب المفتوحة ليظهر التصميم على القماش التموضع أسفلها.يوضح الشكل(٣) الشبلون المسطح

الشكل(٣) الشبلونات المسطحة [٨]

١-٢-٢- مكونات معجونة الطباعة بالبيغمنت

تتكون معجونة الطباعة بالبيغمنت من المكونات الآتية:

- البيغمنت: هي مواد ملونة غير ذوابة في الماء ، وغالباً ما يتم تحضيرها على شكل سوائل مبعثرة بتراكيز تناسب مزجها وانسجامها مع المكونات الأخرى المستخدمة في تحضير معاجين الطباعة. ويتم تحضيرها عادةً بأبعاد دقيقة للغاية " دون 3 ميكرون " لضمان ثباتها أثناء التخزين للخزن أولاً وتجانسها وثبات لزوجتها ثانياً، إضافة لتحضيرها بتركيبة صديقة للبيئة.
- مواد رابطة(Binder): يجب أن تكون الأصباغ بالبيغمنت مرتبطة بألياف القماش لأنها لا تشكل أية رابطة بالألياف، ويتم ذلك باستخدام المواد الرابطة التي تشكل طبقات حول جزيئات البيغمنت والألياف وتنتج شبكة ثلاثية الأبعاد خلال خطوة التثبيت الحراري الجاف.

من المونوميرات الشائعة المستخدمة في إنتاج المواد الرابطة لتطبيقات النسيج هي: أكريليك ، أسيتات الڤينيل، أكريليك الإيتيل، الستايرين، حمض الإكريليك، أكريلو نتريل، ميتا كريلات الميتيل، بوتادين، حمض ميتا كريليك، وما إلى ذلك.

- المثخنات: يتم استخدام أصناف مختلفة من المثخنات منها ما هو طبيعي مثل النشاء ومنها ما هو صناعي يتناسب مع المعجونة المستخدمة، وتستخدم لزيادة سماكة المعجونة والحد من سيولتها.

- عوامل الاستحلاب: مجموعة من المواد الفعالة سطحياً التي تعمل على تشكيل مستحلب بين الماء وزيت الكاز اللذان لا يمتزجان ويتشكل مستحلب زيت–ماء أو ماء–زيت. تستخدم عوامل الاستحلاب في حال كانت معجونة البيغمنت تعتمد المستحلب كمثخن.
- اليوريا: تضاف كمادة مرطبة للمعجونة.
- مولد الحمض: تستخدم لتثبيت الريزينات المحتواة في معجونة الطباعة بالبيغمنت، والتي تحتاج إلى وسط حمضي. من المواد المستخدمة كبريتات الأمونيوم [٩]، [٣].

٢– هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

- طباعة بعض الأقمشة القطنية المصنعة من غزول حلقية وتوربينية بمعجونة البيغمنت.
- دراسة تأثير الطباعة على بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة المطبوعة.

٣– مواد وطرق البحث

٣–١– الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث:

- ميزان حساس.
- خلاط كهربائي.
- جهاز قياس اللزوجة.
- أدوات الطباعة (شبلون مسطح ومكشطة).

- مجفف هوائي خاص بالمواد النسيجية.
- المقياس الرمادي.
- جهاز قياس قوة الشد.
- جهاز قياس الاحتكاك.
- جهاز قياس سماكة الأقمشة.
- أدوات زجاجية ومخبرية مختلفة.

٣-٢- خطة البحث

- تجهيز الخامات النسيجية للمعالجة.
- تحضير معجونة الطباعة.
- طباعة القماش
- إجراء اختبارات قياس اللزوجة للمعجونة.
- إجراء بعض الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للقماش قبل وبعد الطباعة.

٣-٣- المواد المستخدمة في البحث

- أقمشة قطنية خام ذات تراكيب نسيجية مبرد بكثافة حدف مختلفة بشكل صغير ونمر خيوط واحدة مصنعة من قبل شركة نسيج اللاذقية . مواصفات هذه الأقمشة موضحة في الجدول (١).

الجدول(١) مواصفات الأقمشة

رقم القماش	1	2
التركيب النسيجي	مبرد ١/٢	مبرد ١/٢

طبيعة المادة الخام	%قطن ١٠٠	%قطن ١٠٠
وزن المتر المربع المجهز g/m^2	258	262
كثافة خيوط السداء في cm	36	36
كثافة خيوط الحدف في cm	18	19
نمرة خيوط السداء Ne	16	16
نمرة خيوط الحدف Ne	12	12
نوع الغزل لخيوط السداء	مسرح	مسرح
نوع الغزل لخيوط الحدف	توربيني	مسرح

- بيغمنت
- مواد رابطة(binder)(poly acrelonitrile) .
- يوريا.
- مثخن(poly acrylate).
- مواد مساعدة على الاستحلاب(أميلغاتور).
- كبريتات الأمونيوم
- نفط

٣-٤- التجارب

٣-٤-١- تبييض وتجهيز القماش القطني الخام

أجريت عملية تبييض القماش القطني الخام وإزالة النشاء بهدف إزالة الشوائب و التخلص من النشاء الموجود أثناء تشكيل القماش وكذلك زيادة هيدروفيليتها(ألفتها للماء) باستخدام هيدروكسيد الصوديوم (4%) والماء الأوكسجيني (8%) وبضع

قطرات من مثبت الماء الأوكسجيني نسبة الحوض (20:1). تم رفع درجة الحمام المائي حتى (100^0c) واستمرت عملية التجهيز عند درجة الغليان لمدة ساعة. تشطف العينات بعدها وتعدل بحمض الخل يعاد شطف العينات بالماء العادي وتترك لتجف بدرجة حرارة المخبر.

٣-٤-٢- تحضير معجونة الطباعة بالبيغمنت:

تحضر معجونة البيغمنت في خلاط سريع يعمل بسرعتين ١و٢ وفق المراحل التالية:

- توضع الكميات اللازمة من الماء والمادة المساعدة على الاستحلاب والمادة الرابطة وتمزج المكونات عند السرعة ١ للخلاط لمدة ١٠دقائق
- يضاف النفط بالتدريج وتزاد السرعة لمدة ٥-١٠ دقائق
- تضاف بعدها كبريتات الأمونيوم واليوريا والمثخن
- يضاف بعدها البيغمنت للحصول على اللون المطلوب

الجدول(٢) مكونات معجونة الطباعة بالبيغمنت [٣]

المكون	النسبة المئوية
Binder	%١١
كبريتات الأمونيوم	%١,٥
مثخن	%١
يوريا	%٢,٥

أميلغاتور(مادة مساعدة على الاستحلاب)	%١
ماء	%٢٠
نفط	%٦٠
بيغمنت	%٣
المجموع	%١٠٠

تمت طباعة الأقمشة يدوياً بالمعجونة المحضرة بواسطة شبلون مسطح ذو قماش نمرته

(٦٠)، وباستخدام مقشطة مسطحة، ومن ثم تم تجفيف القماش المطبوع باستخدام مجفف حراري هوائي (سيشوار).

الشكل(٤) العينات المطبوعة

٣-٥- قياس لزوجة المعجونة

تم استخدام جهاز قياس اللزوجة من نوع(Visco Easy R) مخبر الكيمياء قسم الغزل والنسيج وهو يعتمد على قياس عزم الفتل للقرص المغمور في السائل اللزج، يحتوي على عدد من المغازل من (R1 – R7) يعمل ضمن مجال واسع من السرعة(0.3–100rpm) مما يسمح له بقياس لزوجة مواد مختلفة.

٣-٦- اختبار ثباتية الغسيل

تم اختبار ثباتية الغسيل حسب المواصفة القياسية(ISO C01) حسب الشروط التالية:

نسبة الحوض 1:50

محلول الغسيل يحتوي على (5gr/L) صابون وتمت المعالجة ودرجة حرارة 40^{o} لمدة 30 دقيقة. بعد ذلك يتم شطف العينات بالماء البارد وتعصر وتجفف ، تم تقييم العينات باستخدام المقياس الرمادي الخاص بتغير اللون وكذلك المقياس الخاص بالتلطيخ.[١٠]

٣-٧- قياس ثباتية الألوان تجاه الاحتكاك(الجاف والرطب)

تم إجراء اختبار ثباتية تجاه الاحتكاك الجاف والرطب للعينات المطبوعة بمعجونة البيغمنت حسب المواصفة القياسية(ISO 105 X–12) مخبر النسيج قسم الغزل والنسيج باستخدام جهاز ثباتية الألوان للاحتكاك Electronic crockmeter

M238B من إنتاج شركة SDL البريطانية، وتم تقييم العينات بواسطة الجهاز الرمادي الخاص بالتلطيخ.[١٠]

٣-٨- اختبار قوة الشد : تم تنفيذ الاختبار على جهاز قياس قوة الشد، حسب المواصفة القياسية(ASTM D5035-95) بأبعاد للعينة (5*20cm) وبمعدل تحميل (100mm/min) ونسجل قوة القطع.

٣-٩- قياس نفوذية الهواء للأقمشة

تم تحديد نفوذية الهواء بواسطة جهاز اختبار نفوذية الهواء، من خلال تثبيت عينة دائرية بقطر ($3cm^2$) على الماسك الدائري ويشد القماش بشكل مناسب، ومن ثم ضخ الهواء في أحد وجهي القماش، عندها سيبدأ هبوط الضغط على الطرف الآخر من القماش ، تم التحكم بضغط الهواء المطلوب حتى حدوث فرق بالضغط والمعادل لقيمة معينة على المانومتر، عندها يسجل جريان الهواء بعد دقيقة واحدة من الزمن. يعاد الاختبار بمواضع مختلفة خمس مرات ومن ثم يؤخذ المتوسط، أجريت الاختبارات على جهاز قياس نفوذية الهواء مصنع حسب المواصفة القياسية السورية 1732جامعة حلب قسم ميكانيك الغزل والنسيج [١١].

٣-١٠- قياس الصلابة:

تم إجراء الاختبار بشكل يدوي بعد تصنيع الزاوية مع المستوي الأفقي حسب المواصفة القياسية(ASTM D1388-2002)، حيث كانت أبعاد العينات(2.5*20cm)، توضع العينات على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف العينة مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار كما هو موضح في الشكل (٤).

تدفع المسطرة للأمام وتندفع معها العينة و يستمر بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5^{o}) ثم تسجل قراءة المسطرة بعد مدة تتراوح بين(6− 8sec). قراءة المسطرة هي طول الثني للعينة.

تحسب صلابة القماش وفق العلاقة الأتية:

$$G=\cos(½ø) \cdot c^3 \cdot w \ /8\tan(ø)$$

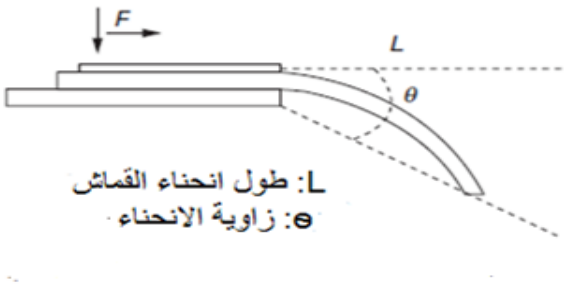
$$G=k. c^3 . w$$

حيث G: صلابة القماش(g.m)

c: طول الثني(m)

W: وزن المتر المربع (g/m^2)

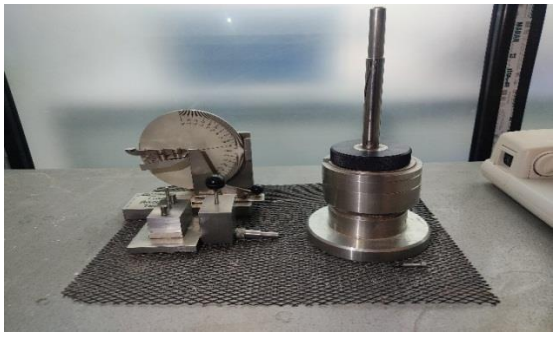
K ثابت $k= \cos(½ø)/8\tan(ø)$



الشكل(٥) اختبار صلابة القماش

٣-١١- اختبار مقاومة التجعد:

يمكن تنفيذ اختبار مقاومة الأقمشة للتجعيد حسب المواصفة القياسية AATCC 128 مخبر النسيج جامعة البعث. تؤخذ العينة بأبعاد (٢,٥ x ٩ سم) ومن ثم تطوى العينة بحيث تتطابق نهايتي العينة ، ويتم وضع الثقل (٣٥٠٠ غرام) على العينة لمدة ٢٠ دقيقة، ومن ثم يزال الحمل وعند ذلك تحاول العينة الرجوع إلى وضعها الطبيعي الذي كانت عليه قبل الاختبار. توضع العينة على قرص قياس زاوية التجعيد حيث كلما كانت الزاوية كبيرة كلما كان التجعيد أقل[١٢] . يعبر الشكل (٥) عن جهاز قياس التجعيد للأقمشة.



الشكل (٦) جهاز قياس التجعيد للأقمشة

٣-١٢- قياس سماكة القماش جهاز ميسدان:

يتم الاختبار بواسطة جهاز قياس السماكة وفق المواصفة القياسية (ASTM-D1777-96)جامعة حلب، يتم تحديد سماكات مختلف أنواع الأقمشة بدقة

(0.01mm) من خلال تطبيق قرص تحميل (400Kpa)على سطح القماش على بعد 1/10 من عرض القماش في ثلاث مواضع ومن ثم يؤخذ متوسط القراءات بـmm [١٣].

٣-١٣- تحديد وزن المتر المربع:

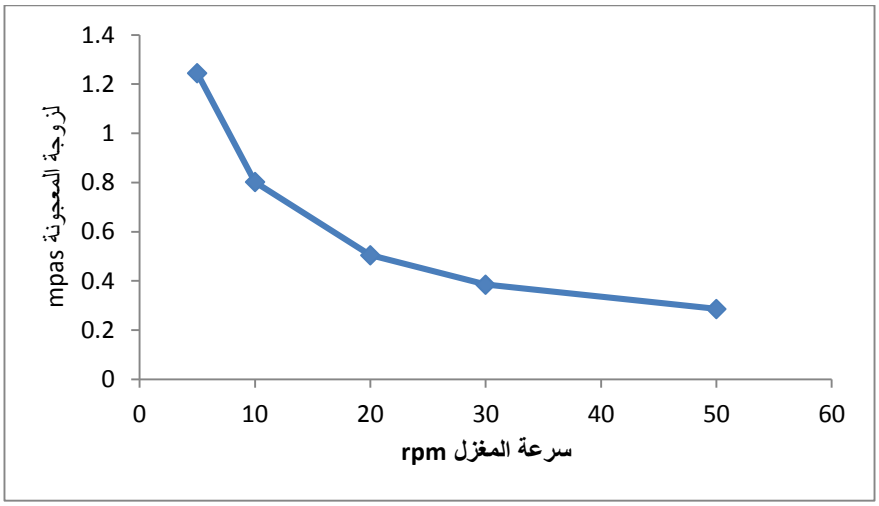
طريقة اختبار وزن القماش واحدة المساحة حسب المواصفة القياسية ASTM D3776-96(2002): يتم الاختبار على النحو التالي:

يمكن تحديد الوزن من خلال الكتلة لكل واحدة مساحة أو الكتلة لكل واحدة طول من القماش، يتم أخذ العينات بأبعاد محددة بواسطة جهاز قطع للحصول على حجم عينة ثابت، حيث أنه كلما كانت العينة أكبر كلما كان القياس أكثر دقة وتتطلب معظم معايير الاختبار مساحة قدرها ($100cm^2$)، أو أكثر ليتم القياس، ودقة القص (القطع) يجب أن تكون العينة في حدود (١%) من المنطقة. [١٤]

٤- النتائج والمناقشة

٤-١- نتائج قياس اللزوجة:

يوضح المخطط (١) قيم تغير لزوجة المعجونة مع تغير سرعة المغزل



المخطط (١) قيم تغير لزوجة المعجونة

يلاحظ من المخطط (١) انخفاض لزوجة المعجونة مع زيادة سرعة المغزل بسبب ازدياد إجهاد القص المطبق .

٤-٢- نتائج ثباتية الغسيل

يوضح الجدول(٣) نتائج اختبار ثباتية الغسيل لعينات القماش القطني المطبوع بمعجونة البيغمنت

الجدول(٣) نتائج اختبار ثباتية الغسيل

العينة	اختبار ثباتية الغسيل	
	تغير اللون	التلطيخ
مبرد (مسرح –توربيني)	4/5	5
مبرد (مسرح –مسرح)	4/5	5

يلاحظ من الجدول أن ثباتية العينات للغسيل كانت جيدة، وذلك لأنه يتم تثبيت اللون على السطح بمساعدة مادة رابطة تتشابك جزيئاتها مع بعضها وتشكل فيلماً لاصقاً على السطح أثناء الغسيل لا تستطيع البيغمنت الخروج من الفيلم الذي تم تشكيله بواسطة المادة الرابطة، على عكس الأصباغ العادية التي تشكل روابط كيميائية أو فيزيائية مع ألياف السيللوز. حيث كانت الثباتية نفسها للعينات (١،٢) ولم يكن هناك تأثير لنوعية الغزل.

٤-٣- نتائج ثباتية الاحتكاك الجاف والرطب

يوضح الجدول(٤) نتائج اختبار الثباتية تجاه الاحتكاك الجاف والرطب للقماش القطني المطبوع بمعجونة البيغمنت.

الجدول(٤) نتائج اختبار الاحتكاك الجاف والرطب

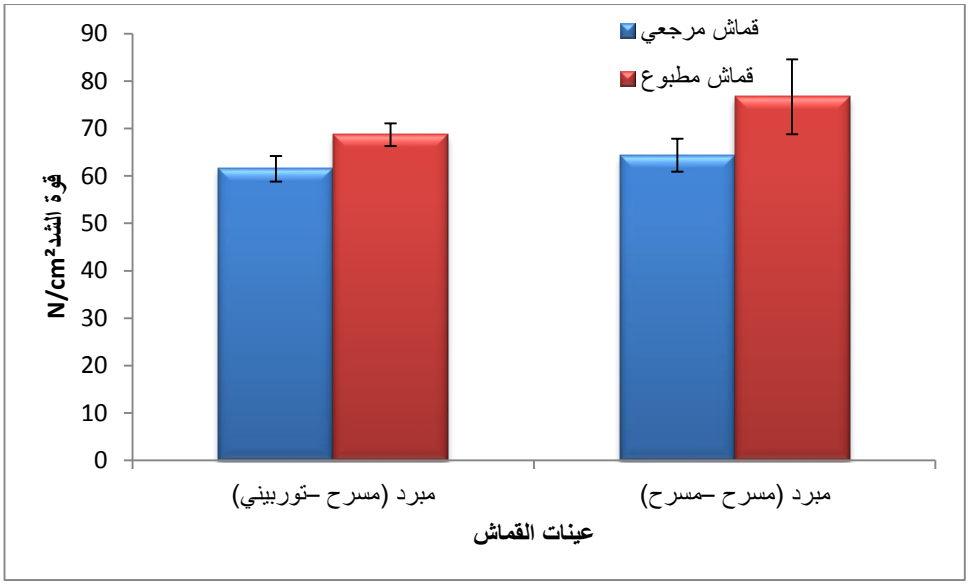
العينة	نتائج اختبار الاحتكاك	
	الجاف	الرطب
مبرد (مسرح –توربيني)	4/5	2/3
مبرد (مسرح –مسرح)	4/5	2/3

في حالة الاحتكاك الجاف : تعد الطباعة بالبيغمنت طباعة سطحية مكونة من مادة رابطة ومثخن لذلك عند الحك يخرج اللون بسهولة من السطح لأن جزيئات البيغمنت لم تدخل لداخل الليف ولم يحدث ارتباط كيميائي.

في حالة الاحتكاك الرطب له نفس الاتجاه ولكن يتم نقل اللون(خروج اللون من القماش المطبوع) في الحالة الرطبة أكثر من الحالة الجافة تلاحظ ثباتية مرتفعة تجاه الاحتكاك الجاف لكلتا العينتين، أما نتيجة الاحتكاك الرطب كانت منخفضة، يلاحظ أن نوعية الغزول لم تؤثر على نتائج اختبار الاحتكاك.

٤–٥– نتائج اختبار قوة الشد

تم إجراء اختبار الشد على الجزء المطبوع من القماش، يوضح المخطط(٢) متوسط قوة الشد للعينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة



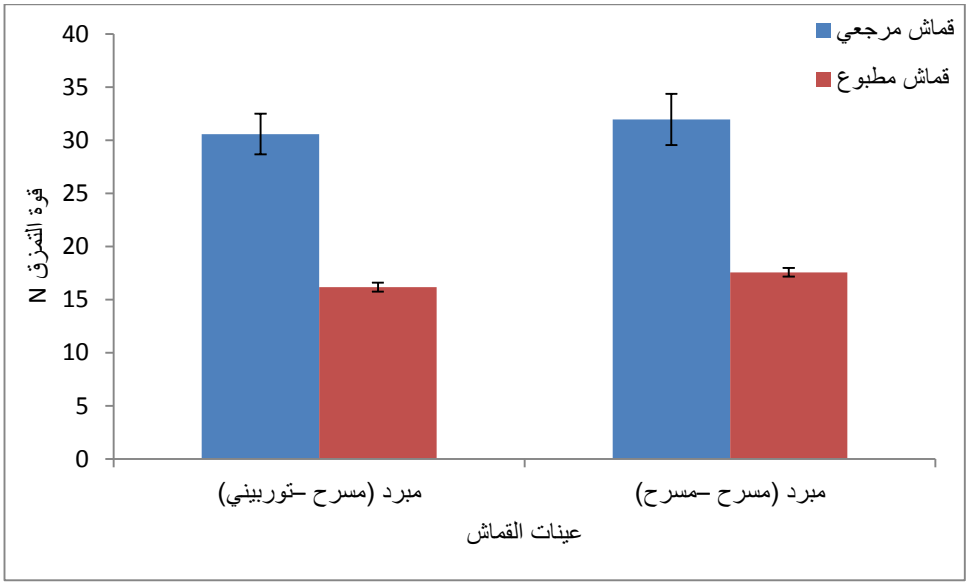
المخطط(٢) متوسط قوة شد العينات.

يلاحظ من المخطط ازدياد قوة الشد للعينات المطبوعة بالنسبة للعينات المرجعية لكلا القماشين

يعود ذلك لأن المادة الرابطة تعمل على تقليل انزلاق الخيوط وبالتالي زيادة التصاق الخيوط نتيجة الفيلم المتشكل، وكذلك كانت قوة الشد في القماش (مسرح –توربيني) أقل من القماش (مسرح –مسرح) وذلك يعود إلى أن متانة خيط الغزل المسرح أكبر من التوربيني بالإضافة إلى ضخامة خيط الغزل التوربيني وبالتالي تقليل تركيز الإجهاد عند شد القماش لذلك تكون قوة الشد القماش الذي يحوي على خيوط غزل توربيني أقل من القماش الحاوي على خيوط غزل حلقي.

٤–٥– نتائج اختبار قوة التمزق

يوضح المخطط(٣) متوسط قوة التمزق للعينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة باتجاه السداء

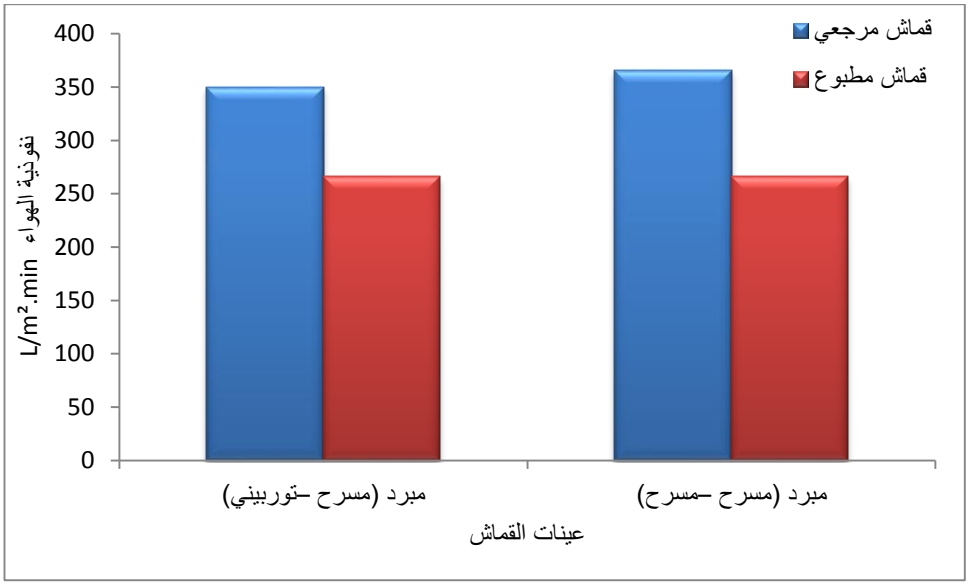


المخطط(٣) متوسط قوة تمزق العينات

يلاحظ من المخطط انخفاض قوة التمزق في العينات المطبوعة مقارنة مع العينات المرجعية لكلا النوعين من الأقمشة ويعود ذلك لأن المادة الرابطة تعمل على ربط تصليب القماش ويقيد انزلاق الخيوط ويدخل الصلابة التي تقلل من قوة التمزق ، ويلاحظ انخفاض قوة التمزق للعينة(مسرح– توربيني) مقارنة مع العينة (مسرح – مسرح) وذلك لأن خيط الغزل الحلقي أكثر متانة من خيط الغزل التوربيني ويحتاج إلى قوة أكبر.

٤-٦- نتائج اختبار نفوذية الهواء

يوضح المخطط(٤) قيم نفوذية الهواء للعينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة



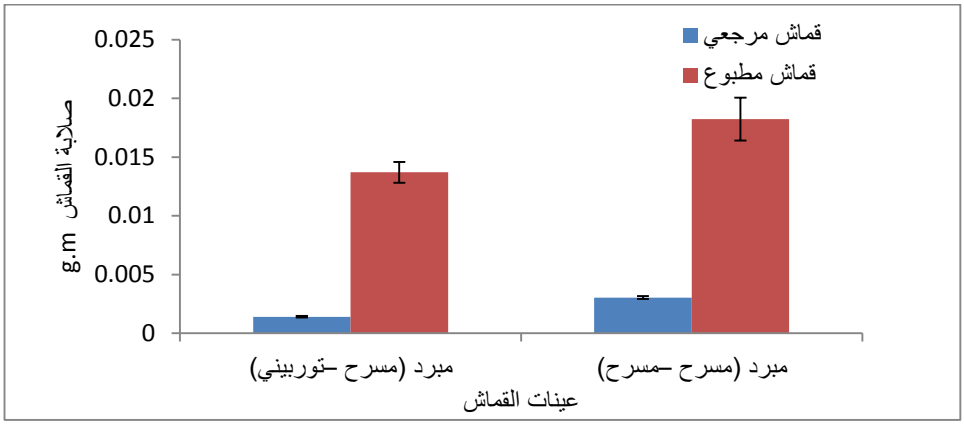
المخطط(٤) قيم نفوذية الهواء للعينات

يلاحظ من المخطط انخفاض نفوذية الهواء بالنسبة للعينات المطبوعة مقارنة مع العينات المرجعية ويعود ذلك إلى أن المادة الرابطة تقوم على ربط الألياف على سطح القماش ولا تتحرك لذلك فإن الفراغات أو المسامات الموجودة والفجوات يتم تقليلها وبالتالي انخفاض نفوذية الهواء. فقبل عملية الطباعة كانت نفوذية الهواء في العينة (مسرح– مسرح) أعلى نفوذية من العينة (مسرح– توربيني) وهنا ويمكن ان يعزى ذلك

للبنية الضخمة للغزل التوربيني وبالتالي أقل نفوذية للهواء في العينات المرجعية وكانت نفس نفوذية الهواء بالنسبة للعينات المطبوعة .

٤-٧ نتائج اختبار صلابة القماش

يوضح المخطط(٥) متوسط صلابة العينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة

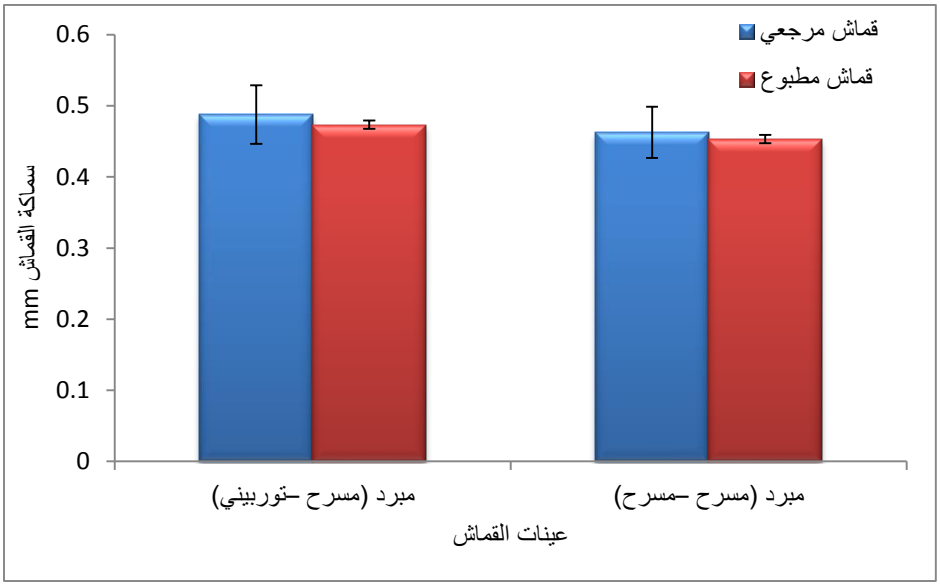


المخطط(٥) متوسط صلابة العينات

يلاحظ من المخطط ازدياد في صلابة الأقمشة المطبوعة مقارنة مع العينات المرجعية لكلا الصنفين من الأقمشة وذلك بسبب الفيلم المتشكل على السطح والشبكة ثلاثية الأبعاد وجزيئات المادة الرابطة طويلة السلسلة، فكانت عينة القماش المكونة من غزول حلقية في السداء والحدف تبدي صلابة انحناء أكبر وبالتالي قدرة على مقاومة اجهاد الانحناء اكثر من العينة الأولى الحاوية على غزول توربينية في اتجاه الحدف.

٤-٨- نتائج اختبار سماكة القماش

يوضح المخطط(٦) متوسط سماكة للعينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة

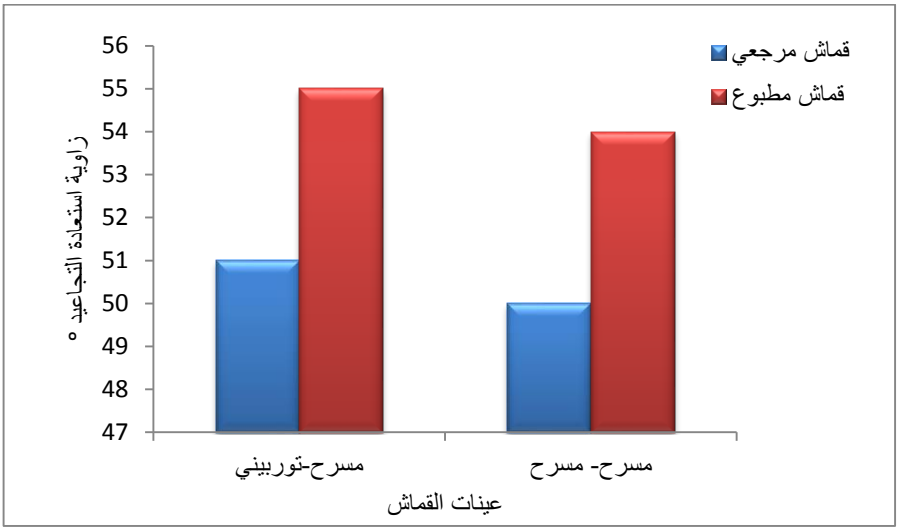


المخطط(٦) متوسط سماكة للعينات

يلاحظ من المخطط انخفاض السماكة بالنسبة للعينات المطبوعة مقارنة مع العينات المرجعية لكلا النوعين بسبب الضغط المطبق الواقع في منطقة الطباعة بواسطة المكشطة، إضافة إلى التصاق الألياف الخارجة عن جسم الخيط بواسطة المعجونة وبالتالي تقليل السماكة، وكانت العينة الأولى المكونة من غزول توربينية تبدي زيادة طفيفة في السماكة ويمكن أن يعزي ذلك للبنية الضخمة والمفتوحة لهذه الغزول وبالتالي كانت أسمك بقليل من العينة الثانية ولكن هذه الاختلافات صغيرة.

٤-٩- نتائج اختبار التجعد

يوضح المخطط (٧) نتائج قياس زاوية التجعيد للقماش القطني المرجعي المطبوع بمعجونة البيغمنت

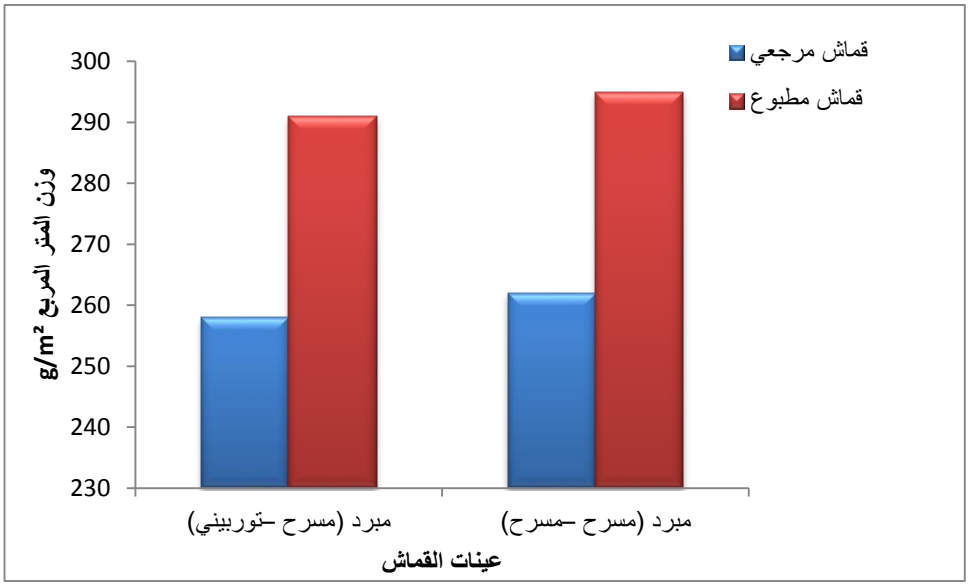


المخطط(٧) نتائج قياس زاوية التجعيد

نلاحظ ازدياد مقاومة القماش للتجعيد (زاوية التجعيد كبيرة) بعد عملية الطباعة مقارنة بالقماش المرجعي من دون طباعة بسبب التشابك بين سلاسل المادة الرابطة على السطح وترابط المادة الرابطة مع الهدروكسيل في السللوز بروابط هيدروجينية وأدى ذلك إلى تحسين خاصية التجعيد للقماش المطبوع، وكانت زاوية استعادة التجعيد متقاربة بالنسبة للعينتين (مسرح– توربيني) و(مسرح– مسرح)، فكانت العينة الأولى الحاوية على خيوط غزل توربينية مقاوم للتجعيد أكثر من العينة الثانية

٤-٤- نتائج اختبار وزن المتر المربع

يوضح المخطط(٨) وزن المتر المربع للعينات المطبوعة والعينات المرجعية غير المطبوعة



المخطط(٨) وزن المتر المربع للعينات

يلاحظ من المخطط ازدياد وزن المتر المربع للقماش المطبوع مقارنة مع العينات المرجعية لكل العينات، وكانت العينة (مسرح– مسرح) أكثر وزنا من العينة (مسرح– توربيني). وكانت نسبة الزيادة في الوزن(12.97%) للعينة الأولى و(12.59%) للعينة الثانية، تبين ان النسبة تكون أعلى في العينة الحاوية على غزول توربينية اكثر من الاخرى لأن قدرة الخيوط التوربينية على الامتصاص أكبر من الخيوط المسرحة يمكن ان يعزى ذلك الى بنية الخيط وقدرته على تشرب واستقبال المعجونة بشكل أكبر.

٥- الاستنتاجات والمقترحات

٥-١- الاستنتاجات

في هذه الدراسة تم تحضير معجونة طباعة بيغمنت وطباعة صنفين من الأقمشة القطنية مختلفين من حيث نوعية الغزول الداخلة في تركيب خيط الحدف، وذلك باستخدام شبلون مسطح وتمت دراسة خصائص الأقمشة المطبوعة الفيزيائية والميكانيكية وكانت النتائج كالتالي:

- ازدياد في قوة الشد للقماش المطبوع مقارنة مع القماش المرجعي وكان الصنف الثاني (مسرح –مسرح) ذو قوة شد أكبر من الصنف الأول(مسرح– توربيني)
- انخفاض في قوة التمزق للقماش المطبوع مقارنة مع القماش المرجعي وكان الصنف الثاني (مسرح –مسرح) ذو قوة تمزق أكبر من الصنف الأول(مسرح– توربيني)
- انخفاض في نفوذية الهواء للقماش المطبوع مقارنة مع القماش المرجعي وكان للصنف الثاني (مسرح –مسرح) نفس نفوذية الصنف الأول(مسرح– توربيني)
- ازدياد نسبة تحميل القماش لمعجونة الطباعة في العينة الأولى (مسرح– توربيني) مقارنة مع العينة الثانية(مسرح –مسرح) بسبب امتصاصية الخيوط التوربينية التي هي أعلى مقارنة مع خيوط الغزل المسرحة.

- زيادة مقاومة التجعيد للقماش المطبوع مقارنة بالقماش المرجعي فكانت الزاوية متقاربة لكلا الصنفين، وكان القماش الأول الحاوي على خيوط غزل توربينية أكثر مقاومة للتجعيد من القماش الثاني.
- ثباتية عالية للاحتكاك الجاف لكلا الصنفين المطبوعين وثباتية منخفضة للاحتكاك الرطب، يلاحظ أن نوعية الغزول لم تؤثر على نتائج اختبار الاحتكاك.
- ثباتية عالية للغسيل لكلا الصنفين المطبوعين
- انخفاض في سماكة القماش المطبوع مقارنة مع القماش المرجعي فكان الصنف الأول(مسرح– توربيني) أكثر سماكة من الصنف الثاني (مسرح – مسرح)
-

٥-٢- المقترحات

- استخدام تقنيات طباعة غير الشبلونات المسطحة ودراسة تأثير اختلاف التقنية على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة.
- استخدام أصناف مختلفة من الأقمشة مصنعة بغزول مختلفة ونمر مختلفة وتوسيع نطاق التجارب على العينات ودراسة تأثير الاختلافات المذكورة.
- استخدام معاجين أخرى تحتوي على أصبغة غير صباغ البيغمنت ودراسة تأثيرها

٦- المراجع

١- مامو، كاوا، رسالة ماجستير، دراسة مقارنة خواص الخيوط والأقمشة بين الغزل الحلقي والتوربيني والمدمج، جامعة حلب ٢٠١٤

2-Ibrahim, W., Sarwar, Z., Khan, A., Hassan, A., Azeem, A., Nazir, A., …& Hussain, U. (2018). A novel study of comparison properties of pigments and reactive dyes-printing cotton fabric. Journal of natural fibers.

٣- الرفاعي؛ بلال، التقانات الصباغة والطباعة النسيجية الحديثة – منشورات جامعة دمشق، ٢٠٢٣

٤- سفور؛ زياد، تقانة الطباعة- الجزء النظري ، الطبعة الأولى – منشورات جامعة البعث حمص، ٢٠١٧

5-Ragab, M.M., Othman, H.,& Hassabo, A.(2022). An owerview of printing textile technicues. Egyptian Journal of Chemistry, 65(8), 749-761

6-Kilic, R. (2023). Research into the effects of pigment printing parameters on sensorial comfort to guide garment designers in the apparel industry. Industrial Textile, 74(3), 310-320

7-Hassabo, A. G., Elmorsy, H.M., Gamal, N., Sediek, A., Saad, F., Hegazy, B. M., & Othman, H.(2023). Evaluation of various printing techniques for cotton fabrics. Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, 20(2), 243-253.

٨- الأطرش؛ نسرين، ماجستير، الحصول على أقمشة تقنية حاوية على مسارات ناقلة للتيار الكهربائي باستخدام تقنية الطباعة وتوظيفها في الملابس الذكية، ٢٠٢٢

9- Choudhury, A.k.R. (2022).Principles of textile Printing. CRC Press.

١٠- نصر؛ سلمان، سفور؛ زياد، عثمان؛ ضفاف، تقانة الصباغة – الجزء العملي. الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث حمص،٢٠١٠

١١- عمر، ربيع، رسالة ماجستير ، دراسة تأثير نوعية الخيط والنسيج على نفوذية الأقمشة للهواء، جامعة حلب ٢٠١١

12-Collier, B.J and Epps, H.H. (1998), Textile Testing and Analysis, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

13-Adum, B. F.,& Gao, J. (2022). Comfort related woven fabric transmission properties made of cotton and nylon. Fashion and Textiles, 2022, 9.1:1-10

14-Hu, J.(Ed.). (2008). Fabric teasting, 90-124.

المعالجة بتقنية الطلاء للحصول على قماش تقني ناقل للتيار الكهربائي

م. نسرين الأطرش[1] د.م. غزل طهماز[2] د.م. زياد سفور[3]

قسم هندسة الغزل والنسيج– كلية البتروكيمياء– جامعة البعث– حمص– سوريا

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تجهيز أقمشة تقنية ناقلة للتيار الكهربائي باستخدام تقنية الطلاء بالسكين (Knife coating)، باستخدام مادة ناقلة للكهرباء (الغرافيت) بتركيز يعادل 5% ضمن وصفة الطلاء الناقل وتطبيقه على أربعة أصناف مختلفة من الأقمشة المنسوجة من ناحية (التركيب النسيجي، نمر الخيوط ، كثافة الخيوط بواحدة القياس، ونوع الألياف)، وذلك من أجل اختيار الصنف المناسب لاستخدامه في تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقلٍ للكهرباء وبمواصفات جيدة، وذلك من ناحية المظهر والتجانس والناقلية الكهربائية ونسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش. تُبين نتيجة الدراسة أن القماش الممزوج (قطن 65% /بوليستر 35%) ذو التركيب النسيجي مبرد 2\1، المنسوج من خيوط بنمرة (30 Ne)، هو الأفضل لتطبيقه في تقنية الطلاء بالسكين، حيث كانت ناقليته الكهربائية أعلى من القماش ($8.68*10^{-4}$ $Sm.cm^{-1}$) ونسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش أقل(p=22%)، وكان توضع الحبر على سطح القماش متجانساً وعلى شكل فيلم مستمر

كلمات مفتاحية:

نسيج تقني، الطلاء بالسكين، غرافيت، ناقلية كهربائية، قماش ناقل، تركيب نسيجي

Coating Technology Treatment to Obtain a Technical Electrically Conductive Fabric

Nisreen AlAtrash[1] Dr. Ghazal Tuhmaz[2] Dr. Ziad Saffour[3]

Spinning and textile department- petrochemical college- Al Baath University- Homs- Syria

Abstract:

This research investigated the production of electrically conductive technical fabrics using the knife coating technique. The study involved incorporating graphite, an electrically conducting material, with a 5% concentration in the conductive paint recipe. This material was applied to four different types of woven fabrics, taking into account textile composition, yarn diameter, yarn density per size, and fiber type. The objective was to identify the most suitable fabric for the knife coating technique in order to create an electrically conductive fabric with desirable specifications in terms of appearance and homogeneity. The findings of the study indicated that the blended fabric (65% cotton / 35% polyester) with a 1/2 weave composition, woven from yarns rated at (30 Ne), was the most suitable for the knife coating technique. This fabric demonstrated higher electrical conductivity(8.68* 10-4 Sm.cm-1), lower paint penetration into the fabric (p=22%), and uniform placement of the paint on the fabric's surface in the form of a continuous film.

Keywords: Technical textile, graphite, knife coating, electrical conductivity, conductive fabric, textural composition

1- مقدمة:

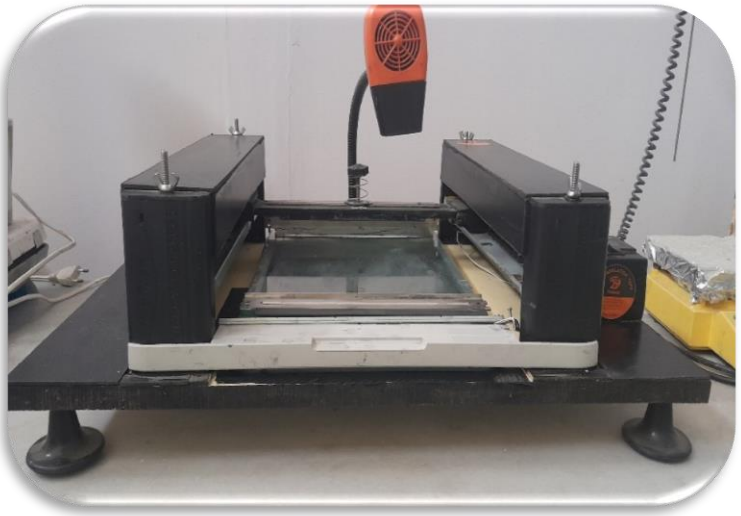
شمل التطور الكبير الذي تم التوصل إليه في القرن الحالي مجالات عديدة في حياتنا اليومية ، بما في ذلك مجال الصناعة وأهمها مجال الصناعات النسيجية، وقد أدى هذا التطور والابتكار إلى الحصول على أنواع من الأقمشة ومنها القماش التقني الذي يتميز بأداء وظيفي معين، ليميزه عن باقي الأقمشة التقليدية المتعارف عليها بالأسواق التي تؤدي غرض اللباس وتركز على الخصائص الزخرفية والجمالية على عكس الأقمشة التقنية التي تعتمد على الخصائص الوظيفية[1]، وقد تنوعت طرق الحصول عليها إما عن طريق المرحلة التي تسبق عملية تشكيل القماش من خلال تشكيل خيوط بمواصفات خاصة وحياكة قماش منها أو عن طريق المرحلة التي تلي عملية تشكيل القماش من خلال المعالجات المطبقة على القماش (معالجات تقليدية، صباغة ، طباعة ، تقنية الطلاء بأنواعها...)، لإضفاء خاصية وظيفية للقماش مثل (قماش مضاد للبكتيريا، مثبط للهب، مقاوم للبلل، ناقل للكهرباء....)[2]، وبدأت الدراسات والأبحاث تدور حول كيفية الحصول عليها وابتكار أنواع عديدة منها وماهي المؤشرات التي تؤثر في إنتاج الأقمشة التقنية واختيار الأمثل منها مثلا (مؤشر اختيار مواصفات القماش المناسبة للتقنية المستخدمة للمعالجة وأيضاً بما يناسب الخاصية المطلوبة، مؤشر نوع المادة المعالجة ، مؤشر تقنية المعالجة المناسبة لهذه الخاصية الوظيفية المطلوبة). بالنسبة لعملية معالجة القماش بتقنية الطلاء بالسكين فإنها نالت اهتماماً جيداً في مجال النسيج التقني، فهذه العملية تؤدي إلى تغليف القماش بطلاء خاص يحوي على خاصية معينة يضفيها على القماش ليتم إنتاج منسوجات مطلية[3] ، حيث يعود استخدام المنسوجات المطلية للملابس الواقية والملاجئ والأغطية إلى العصور القديمة، وأقدم استخدام مسجل من المنسوجات المطلية كان من قبل السكان الأصليين في أمريكا الوسطى والجنوبية الذين قدموا لصق مادة اللاتكس على القماش لجعله مقاوماً للماء ومواد أخرى مثل القطران الصنوبري. وقد أدى التطور والتقدم في الدراسات إلى نمو هائل في تطبيق الأقمشة المطلية لأغراض عديدة ومتنوعة الاستخدامات، إذ تحتل الاقمشة المطلية مكاناً مهماً بين المنسوجات التقنية وهي كذلك واحدة من أهم العمليات التكنولوجية في الصناعة الحديثة[4] .

1-1- مفهوم تقنية الطلاءcoating:

هي عملية تغليف سطح القماش بطبقة من مادة الطلاء وتكون هذه الطبقة سطحية لا تتغلغل ضمن بنية القماش بشكل عميق. وتستخدم عدة طرق لإنتاج وتصنيع مجموعة واسعة من الأقمشة المطلية ومن هذه الطرق (طلاء بالسكين، طلاء بالرذاذ، طلاء بالروليات، طلاء بالانتقال، طلاء بالغمر، طلاء بالشاشات المسطحة والدائرية)[3,4] .

1-1-1 طريقة الطلاء بالسكين (Knife coating):

إن هذه الطريقة معروفة بطريقة الطلاء بالانتشار وهي واحدة من أقدم طرق الطلاء إذ يتم تغذية النسيج الجاف فوق حامل تحت أداة تسمى السكين، حيث يتم سكب مواد الطلاء أمام السكين عن طريق مغرفة أو عن طريق مضخة على عرض القماش ويتم نقله تحت السكين [4]، ويوضح الشكل (1) جهاز الطلاء بالسكين المخبري المصنع محلياً والذي تم استخدامه في التجارب. فهذا الجهاز المخبري يعمل على تشكيل طلاء على سطح القماش ومبدأ عمله عبارة عن سكين تتحرك على سطح القماش تقوم بإمرار الطلاء على كامل سطح بشكل منتظم ومتجانس بحيث تعمل سكين ضمن سرعات مختلفة تتراوح ما بين (0.17-0.27cm/s) بحيث يتألف الجهاز من (سكين معدنية عدد 2، لوح زجاجي أبعاده (22-24cm لتثبيت القماش علية بحيث يتضمن آلية شد وتثبيت خاصة من جهتي القماش، وعلبة سرعة لتحكم بسرعة سكين، بالإضافة لمجفف هوائي ساخن –بارد لتجفيف العينة بعد الطلاء)، وبالنسبة للسماكات الأقمشة الممكن تطبيقها على الجهاز فيجب أن تتراوح بين (0.1-0.7mm) حيث تم تصنيع هذا الجهاز محلياً خلال الدراسة وذلك بناءً على مواصفات الجهاز المخبري المصنع من قبل شركة SDL والصورة التالية توضح أجزاء الجهاز



الشكل (1) جهاز الطلاء بالسكين

1-2- الأقمشة الناقلة للكهرباء:

الأقمشة الناقلة عبارة عن قماش يحوي على سطحه أو ضمنه الكترونات حرة الحركة تتمكن من نقل التيار الكهربائي عند تحريضه من قبل مولد جهد أو بطارية ، فهذا النوع من الأقمشة يطلق عليه النسيج الالكتروني الذكي فهذا النسيج اكتسب مجالاً متنامياً من الاهتمام لما له من مزايا متعددة وتطبيقات تشمل مجالات عديدة (المجال الطبي ، العسكري، الهندسي، الرياضي....) [5,6].

تنتج هذه الالكترونات على سطح القماش نتيجة معالجة القماش بمواد ناقلة للكهرباء تتمتع بوجود هذا النوع من الالكترونات ضمن بنيتها يمكن ذكر مثال عنها المعادن (كالفضة والنحاس والذهب والألمنيوم) ويتفاوت استخدامها وفقاً لتكلفتها العالية ووفرتها، وليست فقط المعادن هي الوحيدة التي تلعب دور التوصيل الكهربائي، إذ توجد أيضاً بعض مركبات الكربون النشط (الجرافيت، الجرافين، أنابيب الكربون النانوية)، وأيضاً المواد البوليميرية الموصلة (بولي بيرول، بولي أنيلين، ...)[7] وفي هذا البحث تم استخدام الجرافيت بسبب وفرته ورخص ثمنه ولكونه آمناً إلى حدٍ كبير للعمل به.

1-2-1 الجرافيت:

هو تآصل من الكربون يحتوي على عدد كبير من صفائح الكربون ذو البنية السداسية، يعود السبب الرئيسي لناقلية الجرافيت هو وجود الكترونات حرة غير مستقرة عبر طبقاته و تصل قيمة المقاومة النوعية له($3.5*10^{-8}$ Ω.m) . ما يميز الجرافيت بناقليتيه العالية هو وجود طبقة من الجرافين وهي عبارة عن تلك الصفيحة من ذرات الكربون المرتبطة فيما بينها، ويعد الجرافيت من أجود أنواع النواقل الكهربائية والحرارية، بالإضافة إلى أنه يعد من العناصر الهجينة بمعنى أن كل ذرة كربون تكون ثلاث روابط مع ثلاث ذرات كربون على محورها الخارجي باستخدام روابط سيجما[8,9].

1-3- تطبيقات الأقمشة الناقلة (النسيج الالكتروني الذكي):

تُطَبقُ المنسوجات الذكية الالكترونية على نطاق واسع وهي واحدة من أكثر المنسوجات الذكية الواعدة ويمكن استخدامها في مجالات عديدة (في مجال الطب كالقمصان الطبية التي تراقب معدل ضربات القلب، وفي مجال الرياضة كاللباس الرياضي الذي يقيس مسافة الجري ومقدار استهلاك الطاقة لدى اللاعب، وتطبيقات الخلايا الشمسية، والترانزستورات، والمكثفات لتخزين الطاقة، وفي تشكيل أجهزة الاستشعار المتعددة، ويمكن استخدام الأقمشة الناقلة كهربائياً في حماية الأسطح من التأثيرات الضارة لطاقة تردد اللاسلكية مثل ترددات الموبايل[6,10] .

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى الحصول على قماش تقني ناقل للكهرباء عن طريق تطبيق طبقة ناقلة كهربائياً بواسطة تقنية الطلاء وذلك من خلال تقييم أثر متغيرات عديدة مثل (التركيب النسيجي، نمر الخيوط، ونوع الألياف المكونة للقماش) للحصول على أفضل ناقلية كهربائية..

3- مواد وطرق البحث:

3-1- مواصفات القماش المستخدم وتجهيزه للمعالجة:

تم استخدام أربعة أصناف من الأقمشة المتوفرة بالسوق المحلي من أجل إجراء التجارب عليها، فالجدول (1) يوضح مواصفات الأقمشة المستخدمة في البحث، يتم حساب وزن المتر المربع وفق العلاقة:

وزن المتر مربع (g/m^2) = [وزن العينة (g) × 10^4] / مساحة العينة (cm^2)

الجدول (1) مواصفات الأقمشة المستخدمة في البحث

رقم العينة	الخامة	التركيب	الكثافة خيط/سم	نمر خيوط السداءNe	نمر خيوط الحدفNe	وزن المتر المربع الجاهز g/m2
١	قطن	2/1مبرد	36سداء 18حدف	16	12	258
٢	قطن	2/2ممتد بالسداء	28سداء 16حدف	7	7	378
٣	قطن	3/1 مبرد	30سداء 16حدف	12	12	269
٤	ممزوج (قطن/بوليستر)	1/2مبرد	36سداء 24حدف	30*2	30*2	258

من أجل تطبيق الطلاء لابد من إجراء عملية تجهيز العينات، وذلك بالقيام بعملية التبييض وإزالة النشاء. ويوضح الجدول (2) تراكيز المواد المستخدمة في عملية التبييض ونزع النّشاء [11].

الجدول (2) تراكيز المواد المستخدمة في عملية القصر ونزع النّشاء

نسبة الحوض	ماءات الصّوديوم (% من وزن العيّنة)	ماء أوكسجيني (% من وزن العيّنة)	مثبّت ماء أوكسجيني (g/l)	حمض الخلّ للتّعديل (g/l)
40:1	4	10	3	2

3-2- تحضير الطلاء الناقل:

تم تحضير الطلاء باستخدام عدة مكونات أساسية وموضحة في الجدول (٣)، فيتم خلطها بعضها مع بعضها الآخر في جهاز الخلط والمجانسة عند سرعة ٨٠٠٠ دورة بالدقيقة لمدة ثلاث دقائق، إذ تلعب كل منها دوراً مهماً في تجانس الطلاء والحصول على المواصفات المطلوبة فالمادة المثخنة تلعب دوراً في إعطاء اللزوجة ولابد من التنويه أنه يجب إضافتها بحذر بحيث يتم الحصول على اللزوجة التي تعطي خاصية الخيط السائل المستمر، والناقلية الأعلى بأقل كمية من المادة المثخنة لأنها تؤثر في الناقلية بحيث تقلل الناقلية المطلوبة للطلاء. ويكون دور المادة المرطبة هو ترطيب طبقة الحبر ومنع جفافها المفرط بحيث تبقى لدنة ولا تتكسر، أما المادة الناقلة للحصول على الناقلية المطلوبة.

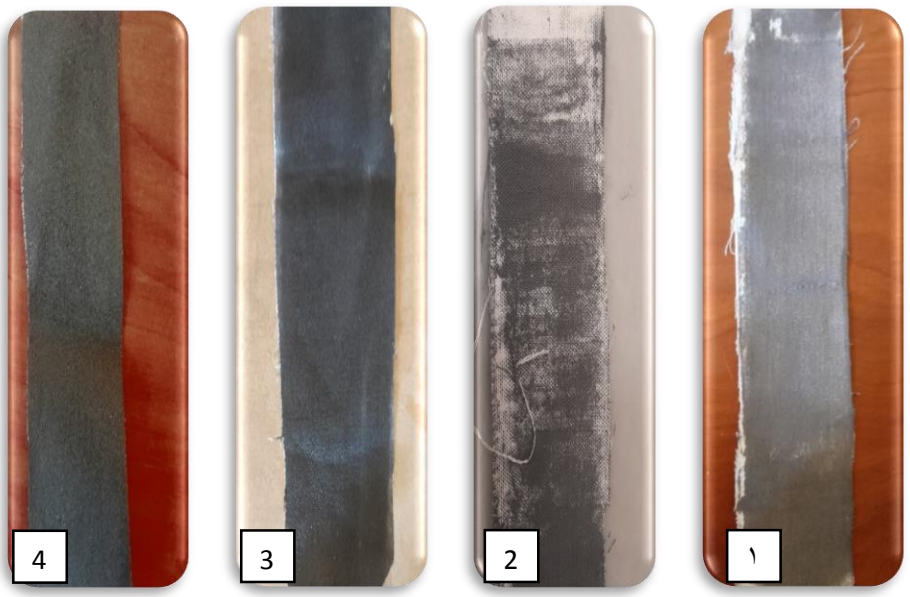
الجدول (3) مكونات الطلاء الناقل

نوع المادة	النسبة المئوية الوزنية
مادة ناقلة (جرافيت)	5%
مشتت المادة الناقلة	10%
مادة مثخنة(ألجينات الصوديوم)	0.5%
مادة مرطبة (يوريا)	10%
تكمل النسبة إلى 100% بالماء مقطر	74.50%

3-3-تطبيق الطلاء على مجموعة من الأقمشة:

التجربة (1):

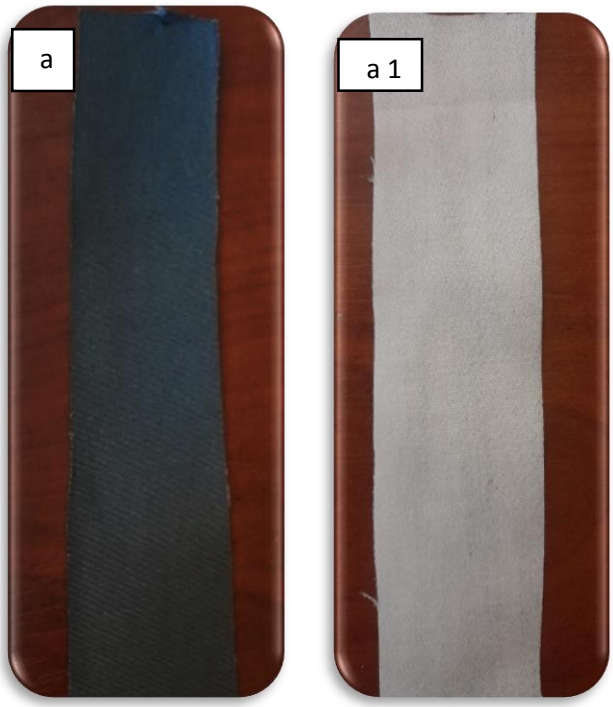
يتم في المرحلة الأولى من البحث تطبيق طلاء ناقلٍ حاوٍ على مادة ناقلة وهي الجرافيت بتركيز 5% على عدة أقمشة متوفرة في السوق المحلي، لمقارنتها ومعرفة الأفضل منها، فتم استخدام ثلاثة أصناف مختلفة التراكيب النسيجية ولها نفس تركيب الألياف وصنف آخر هو عبارة عن قماش ممزوج (قطن/ بوليستر)، إذ تم تطبيق كمية (4 ml) من الطلاء على الأقمشة باستخدام تقنية الطلاء بالسكين (Knife Coating) بتمرير السكين ثمانية أشواط على القماش ومن ثم تم ملاحظة كيفية توضع الطلاء على القماش كما هو موضح في الشكل(2)

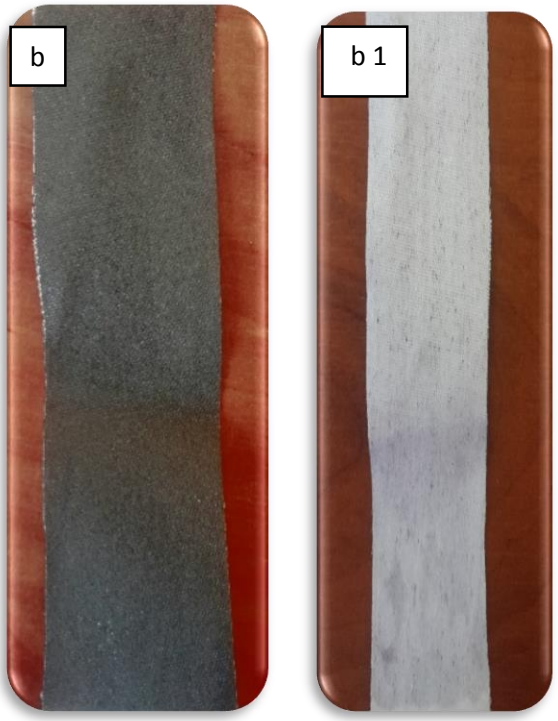


الشكل (2) صور للعينات المطلية

التجربة(2) :

نجد من خلال الصور الشكل (2) أنه كان تغلغل الطلاء عميقاً ضمن العينتين (1,4) وكان لون الطلاء غامقاً يمكن أن يعزى اللون الغامق إلى أن هذه الأقمشة لها تركيبة نسيجية تسمح بامتصاص كمية أكبر من الحبر، ويلاحظ أيضاً أنه كان هناك تغلغلاً عميقاً للطلاء على السطح ، يفضل الحصول على طبقة سطحية من الحبر على القماش، ويفضل أن لا يتغلغل كثيراً في بنية القماش، لمنع وصوله إلى الوجه الخلفي من القماش لذلك تم إجراء تجربة (2) وهي إمرار كمية الطلاء(4ml) وذلك على مرحلتين حيث يتم إضافة 2ml ومن ثم تجفيف العينة وتطبق (2ml) أخرى وتجفف، ويوضح الشكل (3) صور للعينة(4) التي تم إجراء التجربة عليها.





الشكل (3) العينة (a,a1) تم توضع الطلاء على دفعتين، والعينة (b,b1) تم توضع الحبر دفعة واحد

يلاحظ من الشكل (3) أن تطبيق الطلاء على دفعتين ساعد في الحصول على طلاء متجانس على السطح، وأيضا ذي تغلغلٍ أقل ضمن القماش كما هو مبين في صور التي توضح قفا القماش في الشكل [(3–a1),(3–b1)]، لذلك سوف يتم اعتمادها بباقي تجارب البحث.

التجربة (3):

تم في هذه التجربة تطبيق الطلاء على قماشين مختلفين بنوعية الألياف، أحدهما من القطن والآخر ممزوج قطن65% /بوليستر٣٥%، تمت دراسة تأثير نوع الألياف في القيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المطلية وأيضاً نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش، حيث تم اختيار الألياف التي تعطي تغلغلاً أقل و قيمة أعلى لناقلية للأقمشة المطلية. حيث تم تطبيق

وصفة الطلاء نفسها بالتجربة (1) وأيضا تم تطبيق الحبر على دفعتين نفس التجربة رقم (2)، حيث تم إجراء هذه التجربة على العينة (1,4) من ثم تم حساب نسبة التغلغل وقيم الناقلية الكهربائية للعينتين (قطن، ممزوج).

4- الاختبارات:

4-1-المجهر الضوئي (Optical Microscope):

يحوي هذا المجهر على عدستين: العدسة العينية والعدسة الجسمية، قد تم استخدامه لالتقاط صور للعينات المطلية لرؤية كيفية توضع الطلاء على سطح القماش عند نسبة تكبير40، ولتوضيح توضع الحبر على سطح القماش لاختيار الصنف الذي أعطى تجانساً أفضل ومظهراً وشكل فيلماً مستمراً على كامل السطح.

الشكل (4) المجهر الضوئي

4-2- اختبار حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش:

تعد عملية حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش ضرورية لمعرفة نسبة الطلاء التي تغلغلت ضمن القماش والتي بقيت على السطح، وهذا مؤشر مهم في البحث لأن عملية

المعالجة المطبقة على القماش سطحية ويفضل أن يكون الطلاء مطبقاً على السطح من دون أن يتغلغل بشكل كبير لمنع وصوله إلى الوجه الآخر من القماش، وأيضا لأن قياس الناقلية الكهربائية يكون سطحياً فبتالي يتطلب بقاء أكبر قدر ممكن من الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على سطح القماش ليتمكن الجهاز من قراءتها بشكل صحيح وبتالي كلما كان التغلغل أقل وبالتالي كانت هناك طبقة سطحية ذي ناقلية أعلى.

ويتم حساب نسبة التغلغل بناءً على القانون التالي:

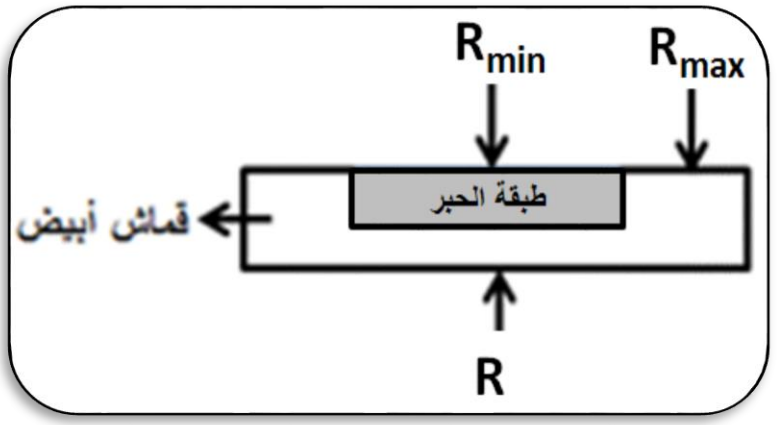
$$p = \frac{R_{max} - R}{R_{max} - R_{min}} * 100 \dots\dots\dots (1)$$

R: معامل الانعكاس على الوجه الخلفي للقماش المطبوع.

R_{max}: معامل الانعكاس للقماش غير المطبوع.

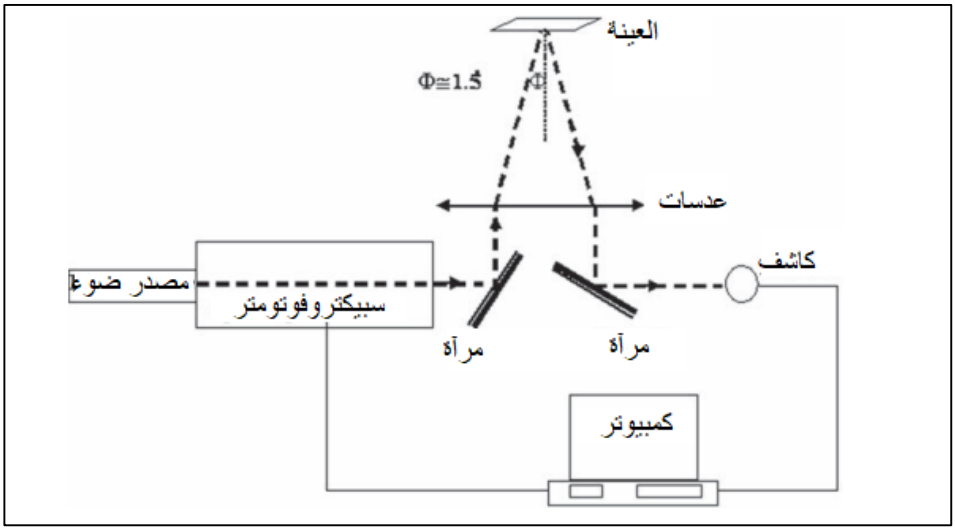
R_{min}: معامل الانعكاس على الوجه الملون للقماش.

والشكل (5) يوضح أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية



الشكل (5) أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية

عندما تكون ($R=R_{min}$) فإن كمية الطلاء على الوجه الخلفي تساوي كميتها على الوجه العلوي المطبوع، ويكون التغلغل كاملاً ($P=100\%$) أما عندما تكون ($R=R_{max}$) فذلك يعني أن طبقة الطلاء بقيت على السطح المطبوع، ولا يوجد فيه تغلغل، ويبقى الوجه الخلفي أبيض ($P=0$)[12] ، وقد تم حساب قيم الانعكاسية الثلاث لكل عينة باستخدام جهاز قياس الانعكاسية الضوئية (سبيكتروفوتومتر Triax-550-Jobin Yvon)الموجود في (هيئة الطاقة الذرية-دمشق).الموضح في الشكل (6)



الشكل (6) جهاز الانعكاسية الضوئية

4-3- حساب سماكة الطلاء ضمن القماش:

يتم حساب سماكة الطلاء ضمن القماش من خلال الاستفادة من نسبة التغلغل وسماكة القماش، حيث نسبة التغلغل تعبر عن النسبة المئوية لسماكة الطبقة ضمن القماش، وقد تم قياس سماكة القماش أولاً بعد عملية الطلاء باستخدام البياكوليس الرقمي، ومن ثم تم حساب نسبة سماكة الطلاء من العلاقة (2):

سماكة الطلاء ضمن القماش = نسبة التغلغل * سماكة القماش.....(2)

4-4- قياس الناقلية الكهربائية في جهاز المسابر الأربعة:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة وهو من تصنيع شركة (SIGNATURE) كما هو مبين في الشكل (7)، يتألف الجهاز من أربعة مسابر تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، حيث يقوم مجسين خارجيين بتقديم تيار للعينة ومجسين داخليين يقومان بقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة النوعية والناقلية الكهربائية مع الاخذ بالحسبان سماكة العينة وطول وعرض المنطقة المطلية ومسافة القياس للمسابر الأربعة وذلك وفقاً للعلاقات التالية[13]:

$$\rho = G * t * \frac{V}{I} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

ρ :هي قيمة المقاومة النوعية وتقدر ب (Ω. cm)

G: قيمة ثابت تؤخذ من الجدول المرفق مع الجهاز وفقاً لطول وعرض العينة ومسافة القياس للمسابر.

V/I: قيمة المقاومة المتوسطة والتي تؤخذ من ميل المستقيم المتشكل من قيم الفولط الناتجة عن شدة التيار المدخلة وتقدر Ω.

t: سماكة العينة تقدر cm.

$$\sigma = 1/\rho \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

σ: قيمة الناقلية الكهربائية تقدر ب $S.cm^{-1}$

الشكل (7) جهاز المسابر الأربعة[13]

تم أخذ خمس قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن قراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر، وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(6)

4-5- حساب نسبة تحميل الطلاء على القماش:

يتم في هذا الاختبار حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على القماش ويكون ذلك من خلال وزن العينة قبل وبعد بمساحة محددة وتطبيق العلاقة (5)

$$\text{نسبة التحميل الجاف} = \frac{\text{وزن العينة قبل التحميل} - \text{وزن العينة بعد التحميل}}{\text{وزن العينة قبل التحميل}} * 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

5- النتائج ومناقشتها:

5-1 صور المجهر الضوئي:

يوضح الشكلان (8,9) صوراً للعينات في التجربة (1).

العينة(1) العينة (2)

الشكل (8) صور المجهر الضوئي للعينات(2-1)

العينة (3) العينة (4)

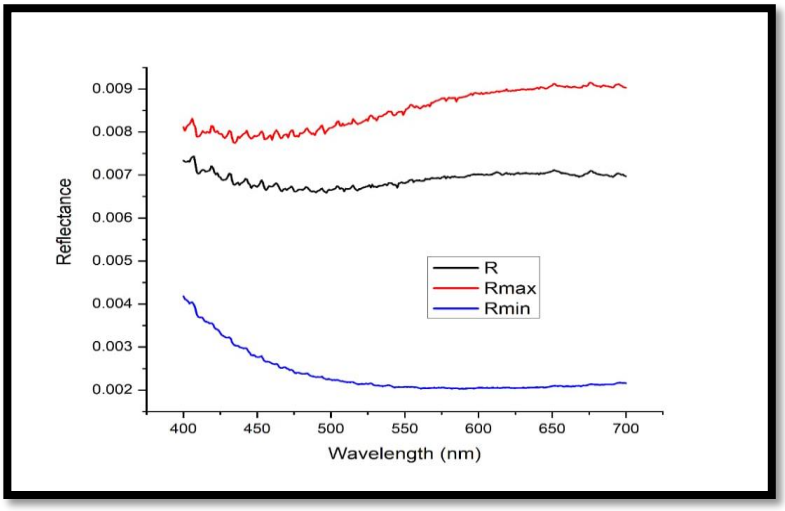
الشكل (9) صور المجهر الضوئي للعينات(4-3)

مناقشة النتائج:

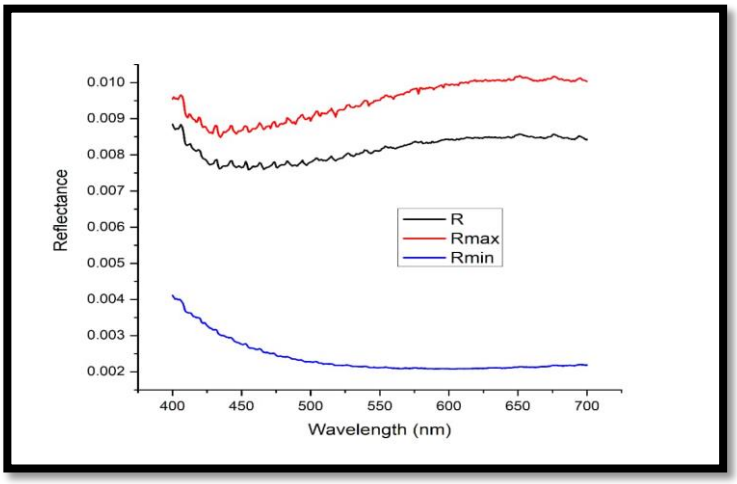
لوحظ من خلال الصور الملتقطة بواسطة المجهر الضوئي أن العينات (1,4) كان توزع الطلاء على سطحها متجانساً وهذا يعزى إلى بنية التركيب النسيجي ونوع الألياف التي أعطت سطحاً أملساً وهي التي أدت إلى سهولة في حركة السكين على سطح القماش، أما في العينات (3,2) لوحظ عدم تجانس الطلاء وأيضاً وجود أماكن غير مطلية على السطح مع تكتلات للطلاء في أماكن معينة، ويمكن أن يعزى ذلك إلى بنية التركيب النسيجي لكل منها والذي أدى إلى تشكل مثل التموجات على السطح تعيق حركة السكين مما أدى إلى توزع غير متجانس، وأيضاً إلى نمر الخيوط فالعينات (1,4) كانت النمر رفيعة (ناعمة) وهذا ساعد في الحصول على سطح أملس، أما في العينات (2,3) كانت النمر غليظة(خشنة) وبالتالي ساعد على ظهور أشبه بتموجات(مناطق نافرة، منخفضة) على السطح التي نتجت عن التركيب النسيجي لكل من المبرد والممتد ومن الجدير الذكر أنه من الممكن تطبيق التركيب نفسه لكن بنمر رفيعة (ناعمة) يمكن أن يعطي سطحاً أملساً أفضل مما هو عليه في العينات المستخدمة في البحث، نتيجةً لهذه التجربة(1) تم استبعاد العينتين (2,3) عن باقي تجارب البحث كونه لم يعطي نتيجة جيدة في توزع الطلاء على السطح والاعتماد على العينات (1,4) .

5-2- نتائج نسبة التغلغل:

يوضح الشكلان (10,11) مخططات قيم الانعكاسية للعينات (1,4) على الأوجه الثلاثة كما هو موضح، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية العظمى لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (1) ويوضح الجدول (4) قيم نسبة التغلغل.



الشكل (10) مخطط يوضح قيم الانعكاسية للعينة القطن



الشكل (11) مخطط قيم الانعكاسية للعينة الممزوجة (قطن /بوليستر)

الجدول (4) نتائج حساب نسبة التغلغل

رقم العينة	اسم العينة	Rmin	Rmax	R	P%
1	قطن	0.00418	0.00915	0.00744	34%

4	ممزوجة (قطن/بوليستر)	0.00411	0.01019	0.00885	22%

مناقشة النتائج:

يلاحظ من النتائج الموضحة في الجدول (٤) أن نسبة التغلغل لعينة الممزوج كانت أقل من القطن، ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن عينة القماش الممزوج تحوي نسبة من ألياف البوليستر والتي تعرف أنها ألياف قليلة التبلل وكارهة للماء، وهذا ما قلل من امتصاصها للحبر، وكانت نسبة تغلغل الحبر في القماش أقل مقارنة بالقماش القطني والذي يتصف بقابلية امتصاص أكبر نظراً لكون ألياف القطن محبة للماء.

5-3- نتائج حساب سماكة الطلاء ضمن القماش:

الجدول (5) نتائج حساب سماكة الطلاء

اسم العينة	نسبة التغلغل	سماكة القماش	سماكة الطلاء ضمن القماش =نسبة التغلغل * سماكة القماش
قطن	34%	0.58 mm	0.34*0.58=0.1972 mm
ممزوج	22%	0.4 mm	0.22*0.4=0.088 mm

5-4-نتائج قياس الناقلية الكهربائية:

الجدول (6) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للعينات

العينة	المقاومة الكهربائية $R*10^7$ (Ω)	سماكة الطلاء ضمن العينة t (cm)	معامل التصحيح G	المقاومة النوعية $P*10^3$ (Ω.cm)	الناقلية الكهربائية $\sigma*10^{-4}$ (S.cm-1)
عينة القطن	6	0.01972	3.2721	4	2.58
عينة الممزوج	4	0.0088	3.2721	1	8.68

مناقشة النتائج:

يلاحظ من الجدول (6) أن قيم الناقلية الكهربائية لعينة الممزوج أعلى بمقارنة بعينة القطن، ويعزى ذلك إلى أن القطن سريع الامتصاص فبتالي ساعد ذلك على تغلغل الطلاء بشكل

عميق ضمن بنية القماش ولم يبقَ على السطح أما عينة الممزوج كانت أقل تغلغلاً، أي ببقاء الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على السطح فمنه نحصل على ناقلية أعلى، وقد ذُكر سابقاً أن تقنية المعالجة المطبقة على القماش هي تقنية سطحية وأيضا قياس الناقلية الكهربائية للقماش أيضا هو قياس سطحي وبالتالي من الضروري أن يكون التغلغل للطلاء قليلاً لكي تبقى أكبر كمية من الطلاء على السطح لتكون الناقلية أعلى والقياسات دقيقة.

5-5- نتائج حساب نسبة التحميل:

يوضح الجدول (7) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

الجدول (7) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

اسم العينة	وزن العينة بعد التحميل	وزن العينة قبل التحميل	نسبة التحميل
قطن	0.318	0.255	24.7%
ممزوج(قطن /بوليستر)	0.296	0.251	18%

مناقشة النتائج:

يتبين من خلال الجدول (7) أن نسبة تحميل عينة القطن أعلى من عينة الممزوج، ويعزى ذلك أن القطن لديه خصائص الامتصاصية عالية فلذلك امتص أكثر وبالتالي نسبة التحميل أكبر، أما الممزوج بسبب وجود نسبة من الألياف الصناعية التي تتميز بأنها كارهة للماء فنسبة التحميل كانت أقل لأن قابلية امتصاصية العينة للطلاء أقل، وهذه النتائج تتوافق مع النتائج السابقة لباقي الاختبارات.

6- الاستنتاجات:

يمكن استنتاج أن دراسة خواص القماش المختلفة بها تأثير واضح في الوصول إلى أفضل ناقلية، فتبين في التجارب المدروسة في هذا البحث أن القماش الممزوج (قطن/بوليستر) أعطى النتيجة الأفضل، وذلك بناءً على نوع الألياف الداخلة في تصنيعه (ألياف طبيعية

وصناعية) والتي يتميز كل منهما بخصائص معينة، وأيضاً نمرة الخيوط الرفيعة التي ساعدت في الحصول على سطح أملس، بالإضافة إلى أن التركيب النسيجي المبرد ½ شكل بنية متماسكة للقماش وسطحاً أملساً وذلك بفضل نمر الخيوط الرفيعة وكثافة الخيوط العالية في واحدة القياس ، وهذا بدوره ساعد على بقاء الطلاء على سطح القماش ولم يسبب أية إعاقة لحركة السكين، لذلك كان هذا القماش هو القماش المناسب لتطبيقه في تقنية الطلاء بالسكين من أجل الحصول على قماش تقني بمواصفات جيدة من ناحية المظهر والناقلية الكهربائية والتغلغل ونسبة التحميل.

7-المقترحات:

هناك تطلع في المستقبل إلى القيام بأبحاث واسعة تشمل دراسة بارامترات أخرى في القماش (مثل تغيير نوع القماش كاستخدام قماش غير منسوج أو تريكو أو ثلاثي الأبعاد بدلاً من استخدام قماش منسوج)، وأيضاً اختيار قماش من يتركب من نوع ألياف أخرى (كألياف صناعية مثل البولي أميد، وألياف طبيعية مثل الصوف)، وأقمشة ممزوجة بنسب مزج مختلفة من ألياف طبيعية وصناعية ودراسة تأثير هذه البارامترات للحصول على قماش تقني بمواصفات جيدة.

8- المراجع:

رقم المرجع	المراجع العلمية
1	Shabitadanur, N, &Sear, W (1995). **Handbook of industrial textile's** technomic, Lancater PA(USA)
2	Zhu, Hovgli,etal. (2014) Lightweight, **conductive hollow fibers from nature as sustainable electrode materials for microbial energy harvesting**. Nano Energy, 10,268-27**6**
3	Sen, A. K. (2007). **Coated textiles: principles and applications**. Crc Press
4	Fung, W. (2002). **Coated and laminated textiles** (**Vol. 23**). Woodhead Publishing
5	شروف، هدى، دكتوراه، **دراسة استخدام المعالجة النهائية بتقنية لنانو لإكساب الأقمشة خصائص التوصيل الكهربائي والمقاومة للأشعة فوق البنفسجية**، جامعة البعث، ٢٠٢٢.
6	Sahito, A, Khatri, A, Ahmed, Afzel, A. (2017). **Smart and electronic textiles** advanced Techniques (PP295-314)
7	Maity, S, &Chatterjes, A. (2018). **Conductive polymer-based electro-conductive textile composites for electromagnetic interference shielding**: review. Journal of industrial textiles 47(8) -2228-2252.

8	Zhang,B.Tain, Y, Jin, X.(2018). **Thermal and Mechanical properties of expanded graphite/paraffin –based composite material reinforced by carbon fiber**. Materials ;11-(11)-2205
9	Landaye,S,M, &Wasif, A.(2012) **Nanosilver an effective antimicrobial agent for finishing of textile**. International journal of engineering science emerging technologe,4(1),66-78
10	Palamutcu, S., Ahmet, Ö. Z. E. K., Karpuz, C., & Nermin, D. A. Ğ. (2010). **Electrically conductive textile surfaces and their electromagnetic shielding efficiency measurement.** Textile and Apparel, *20*(3), 199-207
11	النّجّار؛ عهد- ماجستير، **دراسة إمكانية تجهيز أقمشة قطنية مقاومة للبلل ومؤخرة للهب**، جامعة البعث، 2014.
12	سفور; زياد، **تقانة الطباعة**،الجزء النظري، الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث، حمص، 2017.
13	نعمة. م(2016) **تحضير محس من البولي بيرول بالترذيذ فوق الصوتي**، رسالة ماجستير باختصاص علوم وتكنولوجيا البوليمرات، قسم الفيزياء، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

تطبيق تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي عن الغاز في حقل زملة المهر-السلسلة التدمرية الشمالية.

الباحث المهندس نضال رمضان _ كلية الهندسة الكيميائية والبترولية .

المشرف الأساسي : أ.د.عودي صالحة ، المشرف المشارك: د. محمد بكداش

الملخص :

قمنا بتطبيق أسلوب جديد في الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي غير المباشر لأول مرة في حقول الغاز في الجمهورية العربية السورية ، وذلك في حقل زملة المهر التابع للسلسلة التدمرية الشمالية ، بهدف تأكيد وجود المصيدة الغازية بالتكامل مع طرائق الاستكشاف الأخرى المُنفذة في الحقل.

اعتمدت الدراسة على استنبات وزراعة وعزل البكتيريا المؤكسدة لغاز الميثان المُنشأ من التكسير الحراري (Methanotrophs) في ثلاثة عينات مأخوذة من التربة السطحية من حقل زملة المهر، وتم اكتشاف شذوذ عالي في عدد هذه البكتيريا فوق المكمن الغازي فقط والذي يشير بشكل مباشر إلى احتمال وجود مصيدة هيدروكربونية (غازية) في منطقة الدراسة.

بنتيجة هذا البحث توافق الشذوذ الميكروبي العالي (2.3×10^7 CFU/ml) المُقاس في العينة المأخوذة بالقرب من بئر (زملة المهر-١) مع الشذوذ الكهرومغناطيسي العالي في نفس المنطقة ، وكذلك ضمن حدود الحقل توافق الشذوذ الميكروبي المتوسط (5×10^6 CFU/ml) في العينة المأخوذة بالقرب من بئر (زملة المهر -٢) مع الشذوذ الكهرومغناطيسي المتوسط المُقاس ، أما خارج حدود الحقل لم نجد أي شذوذ ميكروبي وهذا يتوافق مع حدود التركيب المُحددة سايزمياً وفقاً للخريطة الزمنية (TWT) لتركيب زملة المهر ، وهذا ما يؤكد أن هذه التقنية يمكنها وبشكل فعّال تأكيد وجود مصيدة هيدروكربونية وأنها تقنية قابلة للتطبيق وفعّالة.

الكلمات المفتاحية : الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي ، التنقيب الجيوميكروبيولوجي ، البكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات ، شذوذ سطحي.

Application of gas geomicrobiological exploration technology in the Zimlit Al-Mahr field - the northern Palmyra chain.

Summary

We applied a new approach in the indirect surface geochemical exploration, this method is applied for the first time in the gas fields of the Syrian Arab Republic in the Zimlit al-Mahr field of the Northern Palmyra chain. We aimed to confirm the presence of the gas trap in integration with the exploration methods implemented in the field.

This study based on the enrichment , cultivation and isolation of methane-oxidizing bacteria from thermal cracking, called (Methanotrophs), in three samples taken from the surface soil of the Zimlit Al-Maher field, it showed the discovery of a high anomaly in the number of these bacteria above the gas reservoir only, which directly indicates the presence of a hydrocarbon (gas) trap in the study area.

As a result of this research, the high microbial anomaly (2.3×10^7 CFU/ml) measured in the sample taken near the well (Zimlit Al-Mahr-1) is agreed with the high electromagnetic anomaly in the same area, Also within the field limits the average microbial anomaly (5×10^6 CFU/ml) in the sample taken near the well (Zimlit Al-Mahr-٢) agreed with the average electromagnetic anomaly measured, otherwise outside the field boundaries, we did not find any microbial anomalies, which corresponds to the compositional boundaries determined seismically according to the time map (TWT) of the structure of Zimlit al-Mahr , which confirms that this technique can effectively confirm the presence of a hydrocarbon trap and that it is a viable and effective technique.

Keywords: Surface geochemical exploration, geomicrobiological exploration, hydrocarbon oxidizing bacteria, surface anomaly.

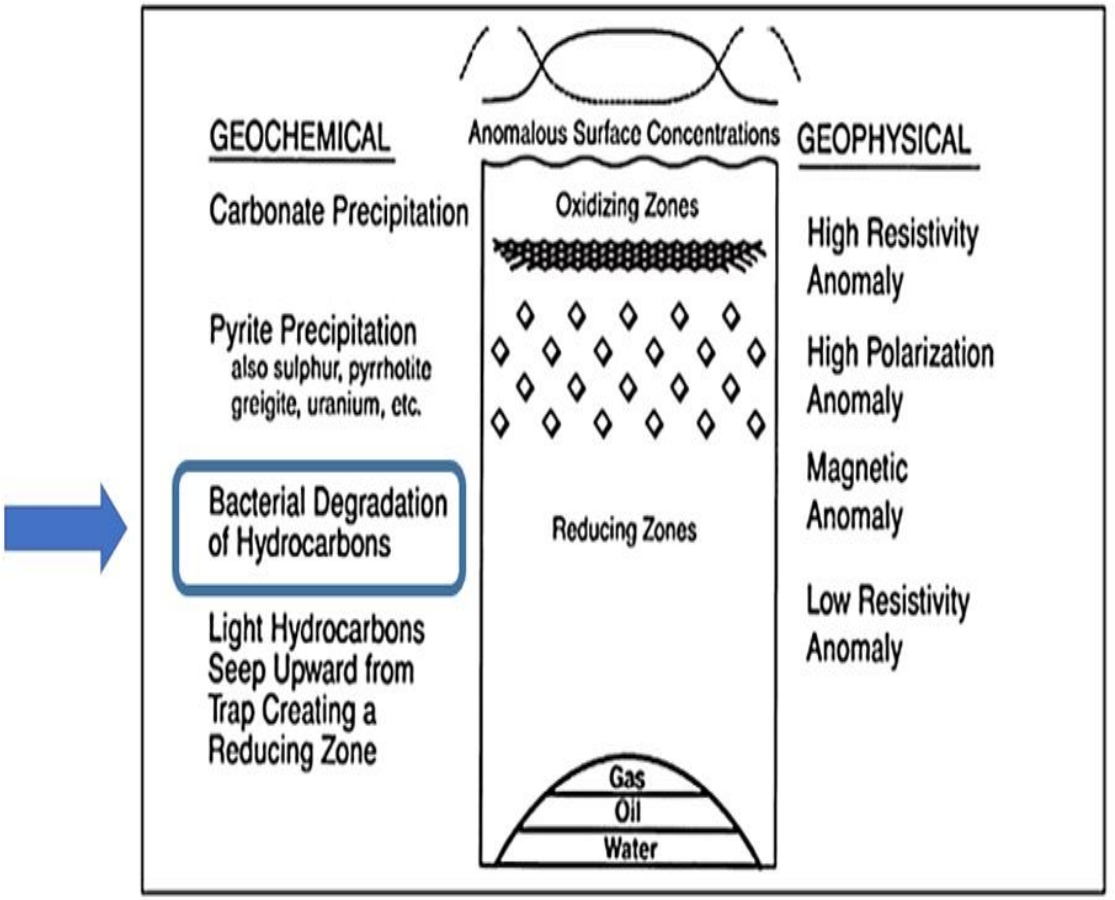
المقدمة :

يُعرّف الاستكشاف الجيوكيميائي عن النفط والغاز بأنه "عملية البحث عن تواجد الهيدروكربونات السطحية أو القريبة من السطح القابلة للتحديد كيميائياً ونواتج تغييرها ، والتي تكون بمثابة أدلة على مواقع تراكمات النفط والغاز غير المكتشفة " ، حيث تفترض جميع الطرائق الجيوكيميائية السطحية أن الهيدروكربونات المتولدة والمتراكمة في المصائد تتسرب وتهاجر عمودياً إلى السطح بكميات (تراكيز) متفاوتة والتي يمكن اكتشافها على السطح من خلال التحاليل والتجارب المخبرية ، ويمكن التمييز بين شكلين لهذه التسربات هما "التسرب المرئي Macro-seeps" وذلك في نقاط سطحية موضعية للغاية تتمثل بشذوذ قممي وتحتوي على تراكيز كبيرة من الهيدروكربونات الخفيفة وعالية الوزن الجزيئي _ إن وجدت _ حيث تكون تراكيز الغاز الإجمالية تزيد عن ppm ١٠٠٠٠٠ ، و " تسرب غير مرئي Micro-seeps" وهو يمثل تواجد التراكيز العالية من الهيدروكربونات المتطايرة أو شبه المتطايرة القابلة للكشف تحليلياً في التربة السطحية أو الرواسب الضحلة وتمثل شذوذ على شكل هالة وتكون تراكيز الغاز الإجمالية أقل من ppm ١٠٠٠٠ .

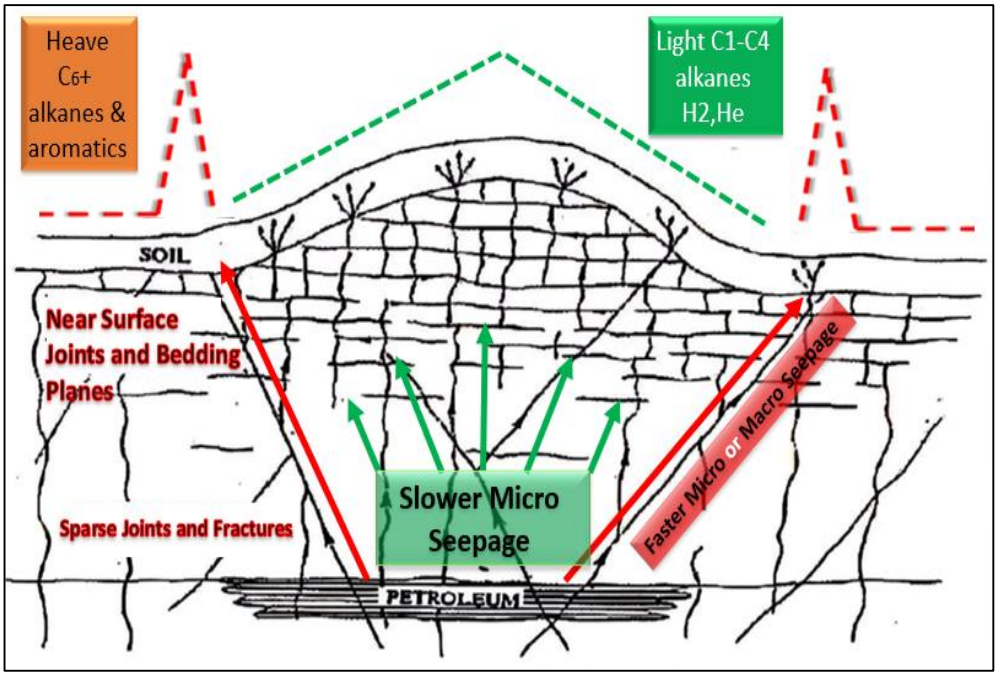
ومن جهة أخرى تُقسم تقنيات الاستكشاف الجيوكيميائي إلى مباشرة و غير مباشرة ، حيث تحلل التقنيات المباشرة تسربات الهيدروكربونات التي تحدث في مسام التربة ، والتي يتم

امتصاصها على الجزء الدقيق من التربة ، أو التي يتم دمجها في ملاط التربة ، في حين تكشف التقنيات الجيوكيميائية غير المباشرة عن التغيرات التي تسببها التسربات الهيدروكربونية في التربة السطحية أو الرواسب الضحلة أو الغطاء النباتي. [1]

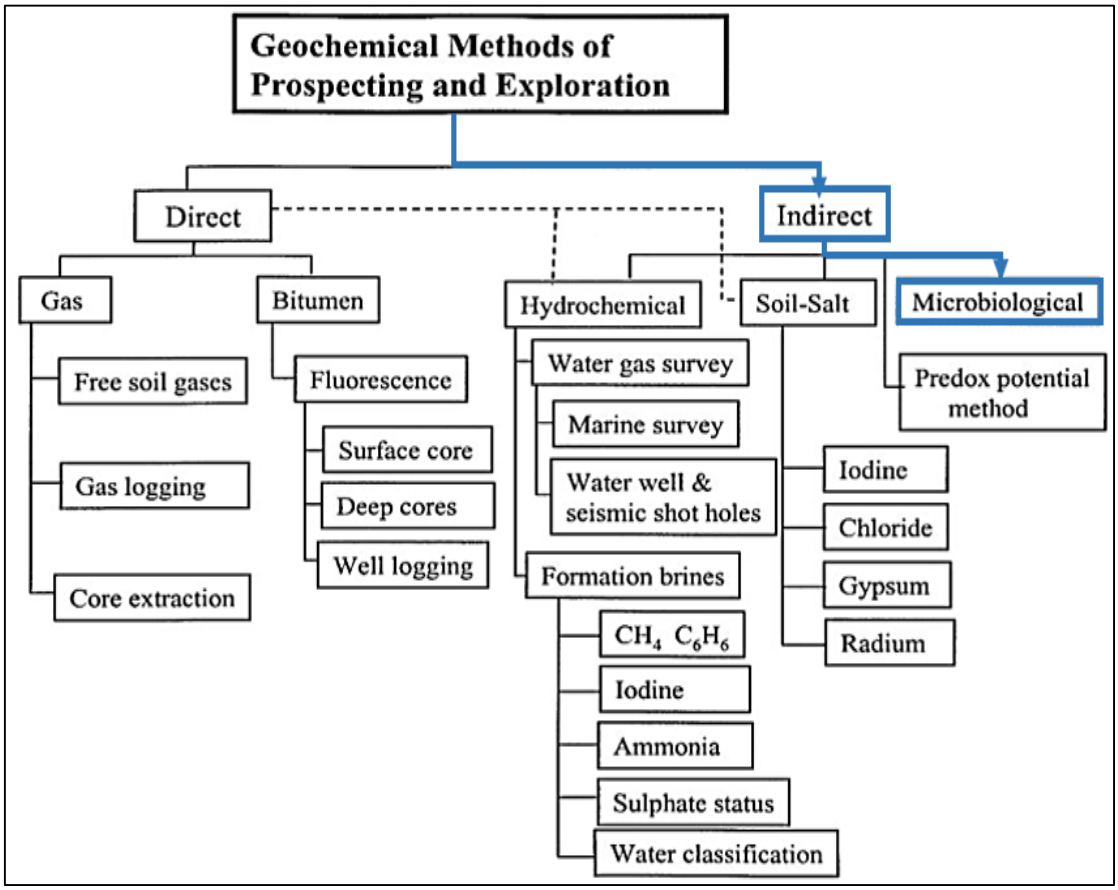
تلعب البكتيريا والميكروبات الأخرى دوراً عميقاً في أكسدة الهيدروكربونات المهاجرة ، وتُعتبر أنشطتها مسؤولة بشكل مباشر أو غير مباشر عن العديد من المظاهر السطحية المتنوعة لتسرب البترول . تؤدي هذه الأنشطة إلى جانب الهجرة طويلة الأجل للهيدروكربونات ، إلى تطوير مناطق أكسدة وإرجاع بالقرب من السطح والتي تؤدي إلى تكوين هذا التنوع من التغيرات الكيميائية والمعدنية . إلا أن هذا التغيير الناجم عن التسرب معقد للغاية ، وقد أدت تعبيراته السطحية المتنوعة إلى تطوير عدد متنوع بنفس القدر من تقنيات الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي ويوضح الشكل (١) نموذجاً عاماً للتأثيرات التي يسببها الهيدروكربون على التربة السطحية والرواسب الضحلة ، والشكل (٢) يمثل أشكال تسرب الهيدروكربونات من المصائد إلى السطح ، والشكل (٣) تقنيات الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي القائمة على التفاعلات الحاصلة نتيجة هجرة الهيدروكربونات إلى السطح .



الشكل (١) الموديل العام لهجرة الهيدروكربونات من التراكمات الجوفية إلى التربة السطحية والرواسب الضحلة وتأثير وجود الهيدروكربونات فيها . [2]



الشكل (٢) أشكال تسرب الهيدروكربونات من المصائد إلى السطح. [3]

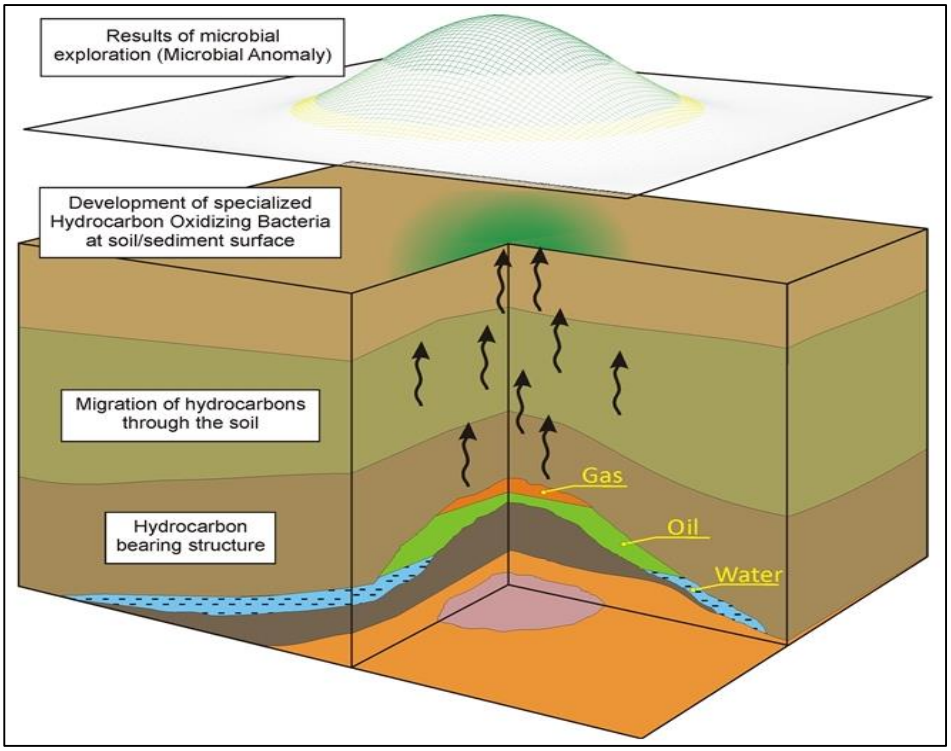


الشكل (٣) تصنيف تقنيات الاستكشاف الجيوكيميائية السطحية . [4]

تندرج تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي عن النفط والغاز Geo-microbiological prospection for oil and gas (MPOG) ضمن نهج الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي غير المباشر في الكشف عن تسربات الهيدروكربونات ، حيث يشكل توزيع البكتيريا في كل مكان وقدرتها العالية على التكيف للنمو على مصادر المغذيات المختلفة أساس التنقيب الجيوميكروبيولوجي ، وهذه البكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات الخفيفة المُنشأة بواسطة عمليات التكسير الحراري Thermogenic Hydrocarbon-Oxidizing

Bacteria والمهاجرة عمودياً من المصائد التركيبية العميقة إلى السطح ، مثل جميع أنواع البكتيريا الأخرى ، في جميع البيئات _ على اليابسة وفي البيئات البحرية _ أينما يمكن أن يوجد مصدر التغذية تتواجد وتنمو وتتكاثر فعندما تتواجد تسربات دقيقة للهيدروكربونات الخفيفة (microseepages) مهاجرة باستمرار بشكل عمودي من التراكمات الموجودة في باطن الأرض ضمن حالة فيزيوكيميائية معينة من خلال منظومة المسامات والشقوق والمسارات بين الطبقات التي تعلو المصائد الهيدروكربونية إلى التربة السطحية خلال فترة زمنية معينة ، فإنها تتغذى على الكربون الموجود في هذه التسربات الهيدروكربونية كمصدر وحيد للنمو والطاقة وهذا يؤدي إلى زيادة كبيرة (شذوذ) في عدد ونشاط الخلايا البكتيرية في العينات المأخوذة من التربة القريبة من السطح فوق المصائد الحاملة للهيدروكربونات والتي تمثل دليل مباشر على وجود المصائد الهيدروكروبونية الجوفية ، بالتالي من خلال التجارب والاختبارات الخاصة بالاستنبات والعزل لهذه البكتيريا يمكن الكشف الدقيق عن تواجدها في العينات المأخوذة من الحقل المدروس وبناءاً على تعداد المستعمرات البكتيرية في كل عزلة مفردة يمكن الحصول على مؤشر مباشر عن تواجد المصيدة الهيدروكربونية.

وقد ثبت أن الحالات الشاذة الميكروبية في الحقول البترولية هي مؤشرات موثوقة لتسربات النفط والغاز من باطن الأرض ، حيث يضيف اكتشاف التسرب الجزئي للهيدروكربونات قيمة إلى المسح السايزمي ثنائي وثلاثي الأبعاد من خلال تحديد التراكيب الحاوية للهيدروكربونات وفق الشذوذ الميكروبي المقاس على السطح ، ويمكن أن تكون التراكمات البترولية تحت السطح معقدة ؛ بالتالي التكامل الصحيح مع البيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية ، يمكن أن يساهم في نجاح الاستكشاف ويساعد في الحد من مخاطر الآبار الجافة و نظراً لأن عمليات الحفر مكلفة ، فمن الضروري استخدام طرائق استكشافية مناسبة وفعالة وقليلة التكلفة ، سواء منفردة أو مجتمعة ، من أجل تقليل تكلفة حفر الآبار الجافة وكذلك الآبار الاستكشافية مع الاسترداد غير المربح.



الشكل (٤) يبين مبدأ تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي. [5]

الدراسات والأبحاث السابقة :

يعود الفضل في اكتشاف هذه التقنية إلى العالم الروسي Mogilevskii في ثلاثينيات القرن الماضي ، حيث كان الاستخدام المبكر للبكتيريا التي تؤثر على نباتات التربة كوسيلة للكشف عن تسرب الغازات تطوراً ناجماً عن مسوحات غازات التربة التي أجراها في الاتحاد السوفياتي ، وقد أثبت Mogilevskii أنه من بين ٢٠ حالة شاذة جرثومية ، تم إثبات ١٦ من خلال الحفر الناجح وقد أثارت هذه التحقيقات اهتمام علماء جيولوجيا البترول في جميع أنحاء العالم . [6]

واعتمدت الدراسات والأبحاث اللاحقة على تطوير نهج التنقيب الجيوميكروبيولوجي ليشمل النقاط التالية :

١) القياس غير المباشر (باستخدام الغاز) لوجود الكائنات الدقيقة المستهلكة للهيدروكربونات عن طريق قياس كمية الغاز الهيدروكربوني المُستهلك من قبل هذه الكائنات الدقيقة . [7],[8], [9],[10]

٢) القياس المباشر لمجموع الكائنات الحية الدقيقة المستهلكة للغازات الهيدروكربونات. [11], [12],[13],[14],[15]

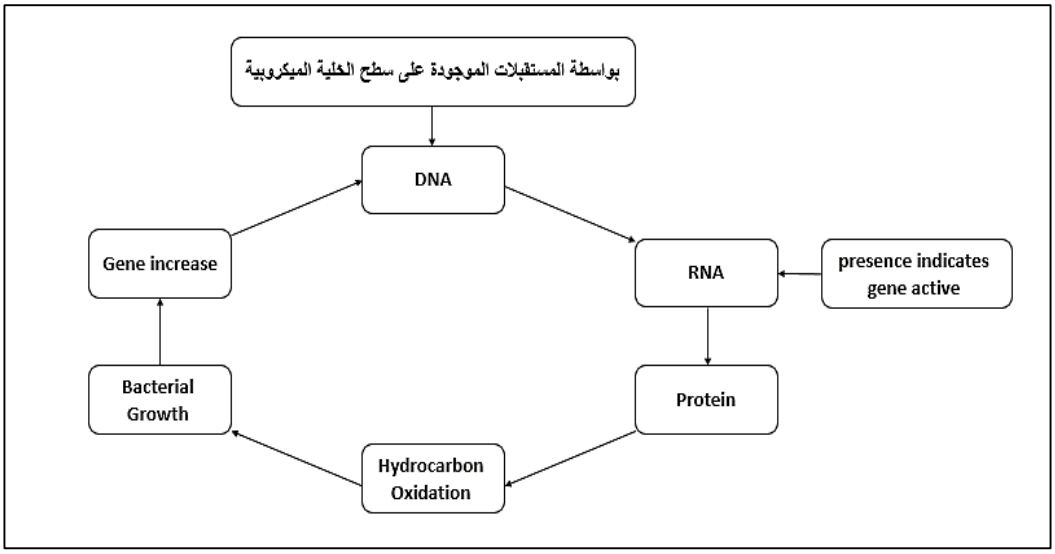
٣) قياس المنتجات الأيضية (منتجات التمثيل الغذائي) للكائنات الدقيقة المستهلكة للغازات الهيدروكربونية.[16],[17]

٤) الكشف عن وجود الجينات التي تشفر البروتين (الأنزيم) القادر على استقلاب الهيدروكربونات.[18],[19],[20],[21],[22]

المبدأ الأساسي للأكسدة الميكروبية للهيدروكربونات:

يتم الكشف عن التجمعات الميكروبية في التربة السطحية والرواسب الضحلة الناتجة عن التسربات الهيدروكربونية من المكامن النفطية والغازية الجوفية عن طريق الكشف عن وجود الجينات التي تشفر البروتينات القادرة على استقلاب الهيدروكربونات حيث يوصف البروتين (الأنزيم) بأنه قادر على استقلاب الهيدروكربون ، فهذا يعني أن البروتين له نشاط في تسهيل أو التسبب في تفاعل كيميائي على الهيدروكربون ضمن ظروف جسم الكائن الحي ، ففي البداية يتم الكشف عن وجود الهيدروكربون في البيئة المحيطة بميكروب معين (على وجه الخصوص البكتيريا) بواسطة الخلية الميكروبية عبر عدد من الآليات و بشكل أساسي عبر المستقبلات الموجودة على سطح الخلية حيث يؤدي اكتشاف وجود الهيدروكربونات إلى إعطاء أمر من DNA في نواة الخلية بزيادة مستوى نسخ mRNA الذي يشفر بروتيناً

(أنزيماً) قادراً على استقلاب الهيدروكربون ثم يتم ترجمة البروتين بدوره والتعبير عنه داخل الخلية حيث يؤكسد هذا الأنزيم على النحو الواجب الهيدروكربون ليطلق الطاقة وينتج عنه نمو وتكاثر الخلية ثم يؤدي تكاثر الخلية إلى زيادة عدد الجينات التي تشفر بروتينات التمثيل الغذائي للهيدروكربونات في تلك المنطقة ، أي زيادة في تركيز هذه الجينات وهو جوهر تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي كما هو موضح في الشكل (5).



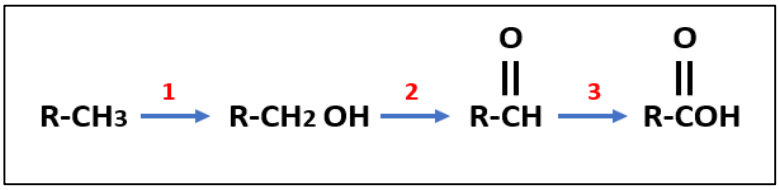
الشكل (٥) يوضح المبدأ الأساسي للتمثيل الغذائي للبكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات [23] .

التمثيل الغذائي (الأيضي) للبكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات :

الاستقلاب (الأيض) Metabolism بالتعريف : هو مجموعة من التفاعلات الكيميائية في خلايا الكائن الحي من أجل المحافظة على حياته ، الهدف من هذه التفاعلات هو هضم وتحويل الغذاء إلى طاقة تشغيل حيوية من أجل العمليات الخلوية المختلفة وكذلك تحويل

الغذاء إلى وحدات بناء للبروتينات والدهون والأحماض النووية وبعض السكريات وأيضاً إزالة الفضلات الأيضية النتروجينية.

تمتلك جميع الكائنات الحية مسارات التمثيل الغذائي المسؤولة عن خصائصها الغذائية والنمو حيث تتطلب مسارات التمثيل الغذائي هذه إنزيمات مختلفة تحفز التفاعلات الجزيئية اللازمة لاستخدام العناصر الغذائية المطلوبة من أجل النمو والتكاثر والمحافظة على التركيب الخلوي والاستجابة للبيئة والقدرة على استمرار البقاء على قيد الحياة ، وفي حالة الكائنات الدقيقة المستهلكة (المؤكسدة) للهيدروكربونات ، فإن المسار الأيضي لتحلل أكسدة الهيدروكربونات الأليفاتية يسير على النحو المبين في الشكل (٦).



الشكل (٦) يمثل المسار الأيضي الأساسي للأكسدة الميكروبية للهيدروكربونات الأليفاتية.

الإنزيم الذي يحفز أكسدة الهيدروكربون الأليفاتي إلى كحول في الخطوة الأولى (المرحلة الأولى من الاستقلاب) هو أنزيم mono–oxygenase والإنزيم الذي يحفز أكسدة الكحول إلى ألدهيد في الخطوة الثانية (المرحلة الثانية من الاستقلاب) هو أنزيم alcohol dehydrogenase وإن الإنزيم الذي يحفز أكسدة الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي في الخطوة الثالثة (المرحلة الثالثة من الاستقلاب) هو أنزيم aldehyde dehydrogenase وفي النهاية يتم استقلاب الحمض الكربوكسيلي إلى مركب acetyl–CoA ، وأخيراً إلى CO_2 و H_2O والتي تعتبر المركبات الغذائية الضرورية التي تستوعبها الخلايا البكتيرية المؤكسدة من أجل نموها وزيادة عددها ، إلا أن بعض أنواع البكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات تمتلك مسار أيضي فرعي من هذا المسار الأساسي وقد تحتاج إلى أنزيمات

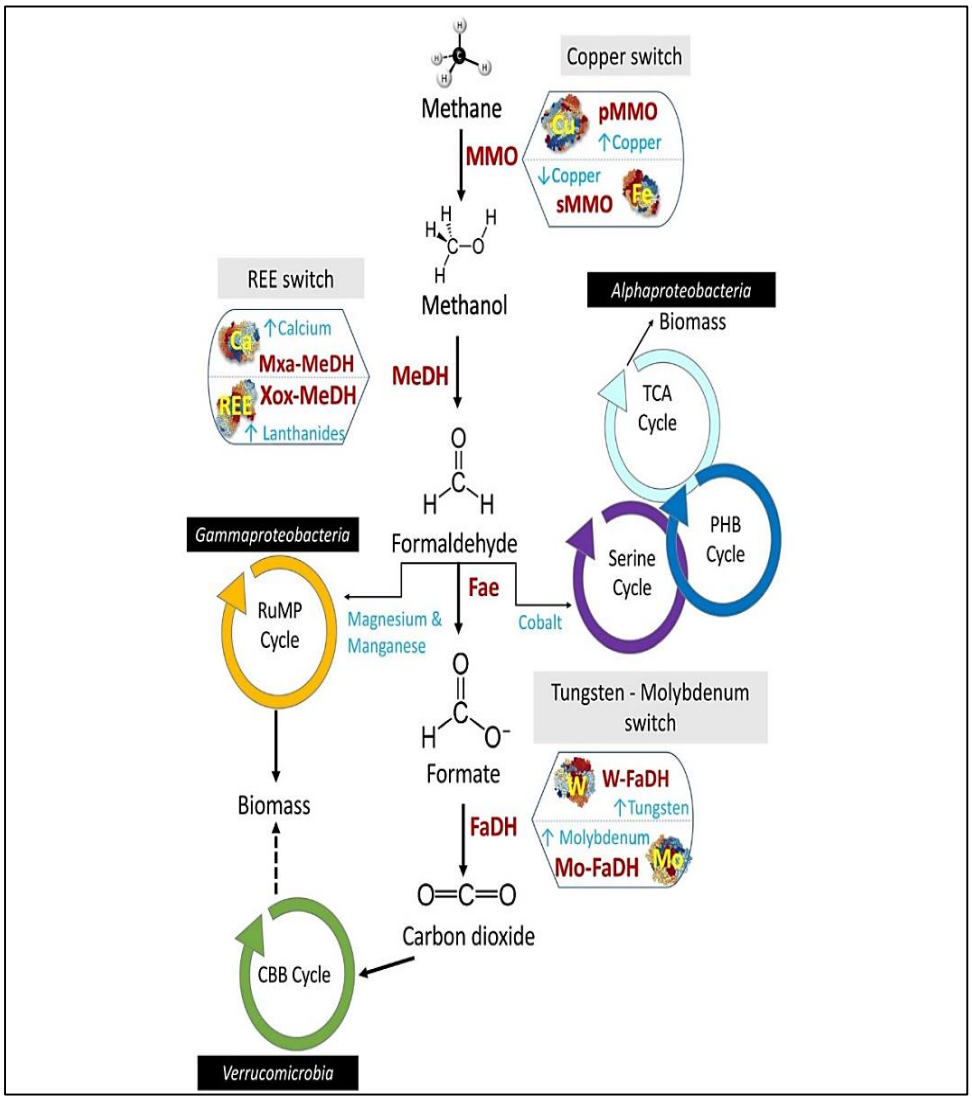
إضافية بالتالي مراحل أكسدة إضافية للوصول إلى المركبات الغذائية التي تحتاجها من أجل النمو والتكاثر . [18]

عملية الأكسدة الهوائية للميثان بواسطة بكتيريا (Methanotrophs) :

إن المسارات التي تستخدمها هذه الميكروبات في الحصول على الطاقة من خلال أكسدة الميثان تشمل تحويل الميثان أولاً إلى ميثانول عن طريق أنزيم methane monooxygenase (MMO) والذي يتأكسد بعد ذلك إلى فورم ألدهيد formaldehyde بواسطة أنزيمmethanol dehydrogenase (MeDH) ، ويمكن بعد ذلك تحويل فورم ألدهيد إلى فورمات إما عن طريق مسار رباعي هيدروفولات tetrahydrofolate أو رباعي هيدرات الميثانوبترين tetrahydromethanopterin ومن ثم يمكن أن يتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون عن طريق أنزيم formate dehydrogenase.

تمتص معظم بكتيريا Methanotrophs الهوائية الكربون على مستوى الفورم ألدهيد إما من خلال دورة الريبولوز أحادي الفوسفات (ribulose monophosphate) فئة Gammaproteobacteria أو دورة السيرين (serine) فئة Alphaproteobacteria ، في حين لا تستخدم بعض أجناس Methanotrophs أياً من المسارين لامتصاص الكربون و بدلاً من ذلك ، تقوم بعض هذه الأجناس بإصلاح ثاني أكسيد الكربون عبر دورة Calvin–Benson Bassham (CBB) فئة Verrucomicrobia ، ومن الجدير بالذكر أن جميع الأنزيمات التي تنتجها بكتيريا methanotrophs في مراحل الأكسدة المختلفة تعتمد على أيونات معادن محددة في تحفيز عملها حيث تعتبر جزءاً لا يتجزأ من الأنشطة الأيضية في بكتيريا methanotrophs الهوائية ، وتشير التقديرات إلى أن حوالي ربع إلى ثلث أي بروتينات خلوية تتطلب أيونات معدنية لدعم وظائفها Methanotrophs ، أي تعتمد على عوامل التبادل الأيوني "metal switches" المختلفة ، حيث يتم التحكم في التعبير الجيني عن طريق توافر المعادن ، وخاصة النحاس والحديد والكالسيوم والعناصر

الأرضية النادرة ، ويوضح الشكل (٧) حيث يتم تمثيل الإنزيمات التي تعدل التفاعل بخط أحمر، والمعادن باللون الأزرق والخطوط الصفراء، و تشير الأسهم الرأسية الصغيرة ذات اللون الأزرق الفاتح بجوار كل أيون معدني إلى تأثيرها على تعبير و / أو نشاط الإنزيمات.

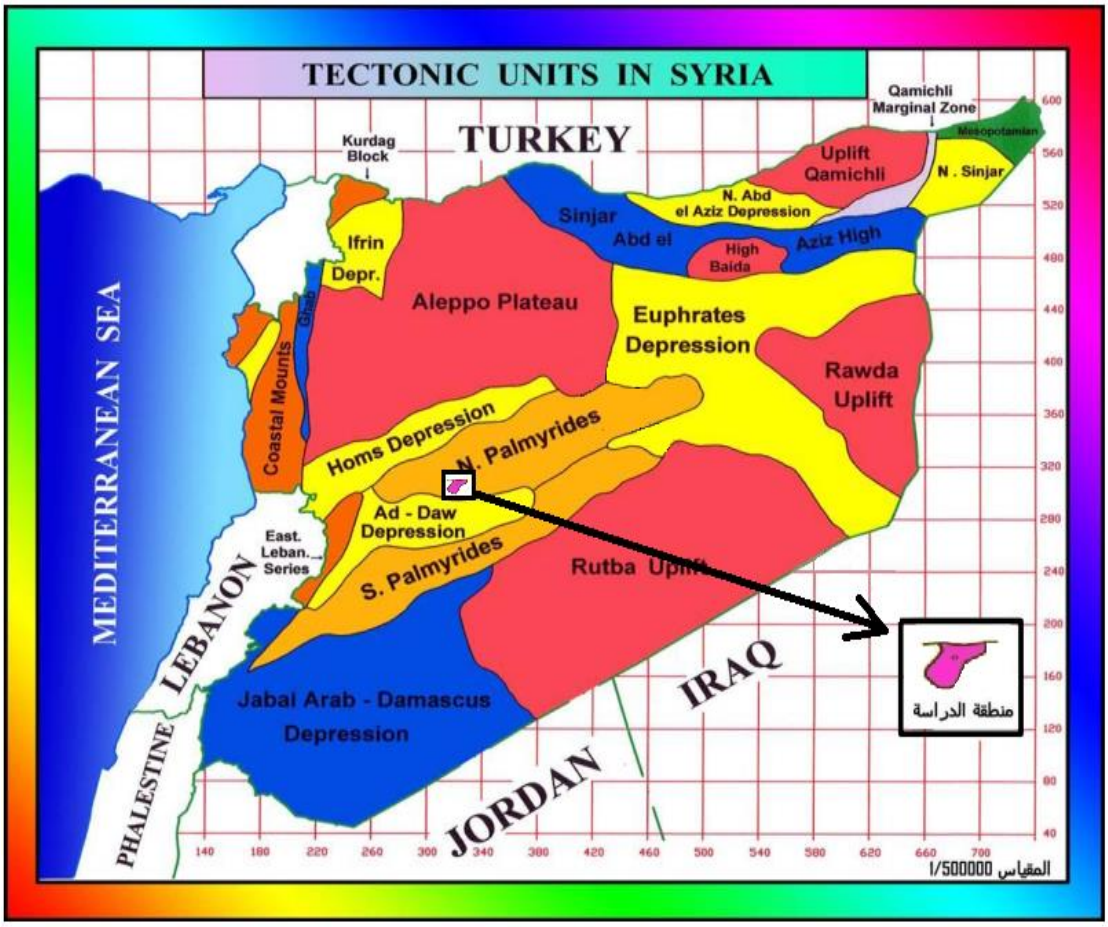


الشكل (٧) أكسدة الميثان بواسطة methanotrophs الهوائية والعوامل المعدنية المساعدة للإنزيمات.[24],[25]

لمحلة عن منطقة الدراسة :

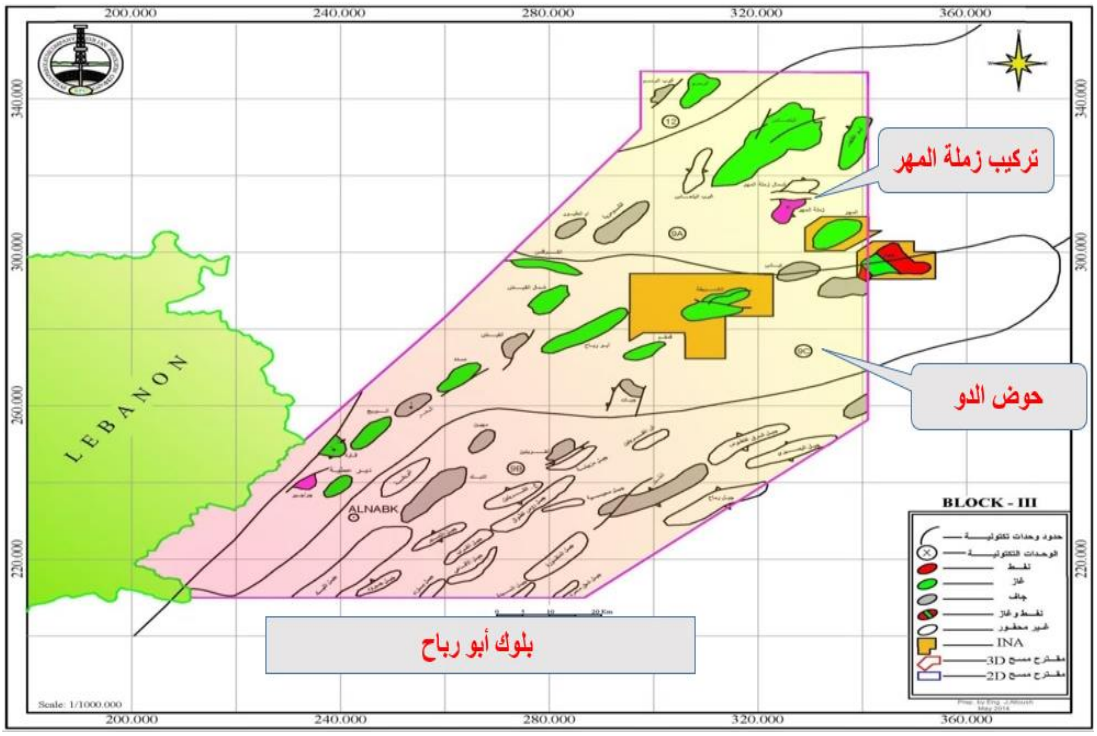
تعد السلسلة التدمرية إحدى أهم البنى الجيولوجية في سوريا ، وتقسم بنيوياً إلى سلسلة تدمرية شمالية و جنوبية و بينهما حوض الدو ، وتعود أهمية السلسلة التدمرية إلى طريقة تشكلها و تطورها خلال الزمن الجيولوجي، و كذلك إلى احتوائها على مجموعة من التراكيب الحاملة للنفط و الغاز ومن أهمها تركيب زملة المهر الذي يتبع للسلسلة التدمرية الشمالية ويقع في الجزء الجنوبي الغربي منها ، وبنية زملة المهر تمتد بين تركيبي المهر والبلعاس المنتجين للغاز حيث تبعد بحدود ١٢ كم عن تركيب المهر ضمن نشاط الشركة السورية للنفط في بلوك أبو رباح وهي منطقة ذات مأمولية اكتسبت أهميتها على ضوء النتائج الإيجابية التي تم الحصول عليها من اكتشاف الغاز في تشكيلة الكوراشينا دولوميت في تركيبي المهر والبلعاس المجاورة .

كذلك تأتي الأهمية البترولية لتركيب زملة المهر كونه يقع ضمن منطقة عالية المأمولية تعرضت لنفس مراحل التطور الجيولوجي للتراكيب المجاورة المنتجة مثل تراكيب المهر والبلعاس ، والتي أدت إلى تجمع الهيدروكربونات فيها بالإضافة إلى تواجد الصخور المولدة والخازنة والغطائية ضمن العمود الستراتغرافي المتوقع اختراقه في منطقة التركيب .



الشكل (٦) موقع منطقة الدراسة ضمن خريطة الوحدات التكتونية الرئيسية في سوريا.

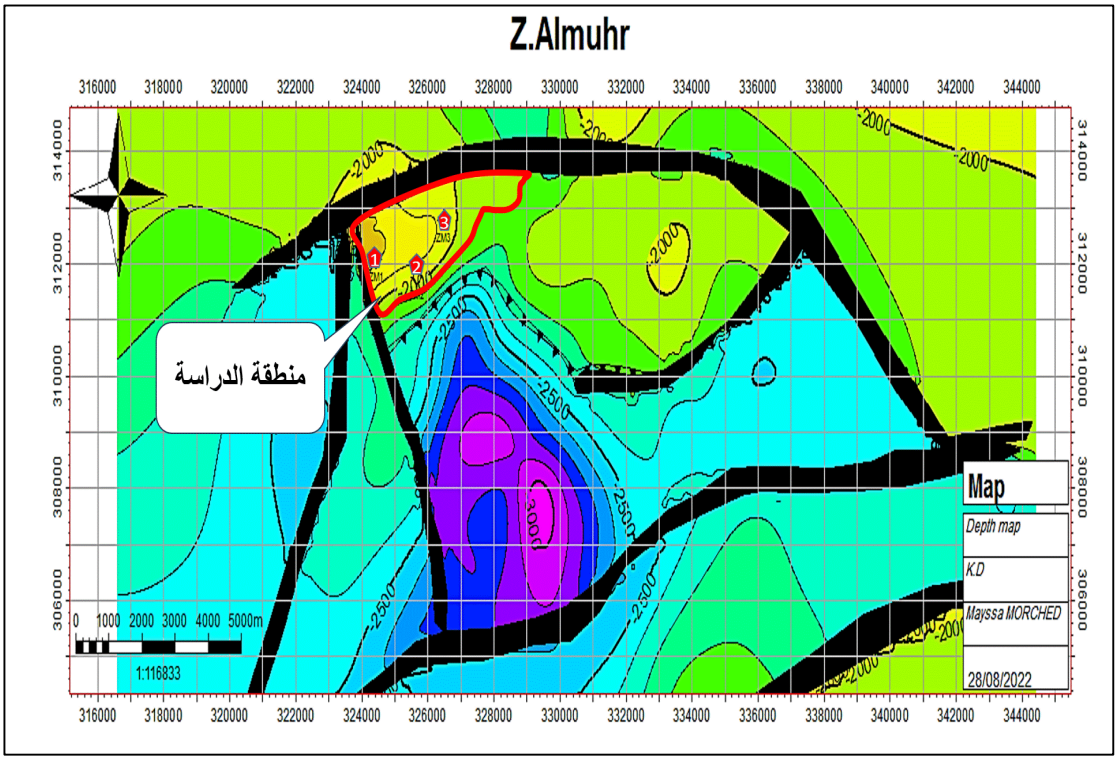
الشكل (٧) موقع تركيب زملة المهر في بلوك أبو رباح بين تركيبي المهر والبلعاس.



يظهر تركيب زملة المهر على الخارطة الزمنية (2D) لعاكس الكوراشينا دولوميت على شكل إغلاق بنيوي متطاول له اتجاه شمال شرق – جنوب غرب يغلق على فالق عادي من جهة الشمال الغربي له اتجاه محور الطي ويفصله عن الامتداد الجنوبي لجناح طية البلعاس ، ويشكل الانحدار التركيبي لبنية التركيب من جهة الجنوب الإغلاق والعزل الجيد له مع بنية المهر .

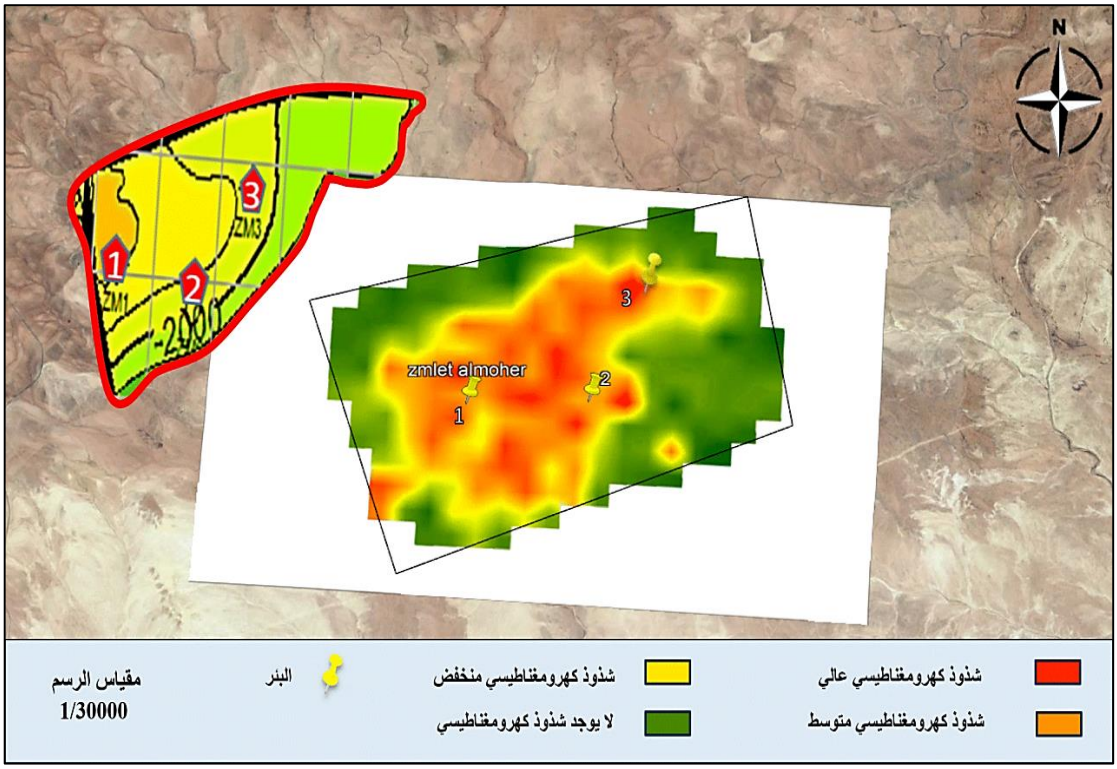
وقد أظهرت الدراسات السايزمية لمنطقة التركيب وما حولها وجود مصيدة بنيوية ملائمة للحفر الاستكشافي هي على تماس مع أحواض رسوبية محلية من جهة الجنوب وهذا التماس تحقق بفعل الحركات الجيولوجية وهو يشكل عاملاً جيداً يساهم في عمليات تراكم وتجمع الهيدروكربونات يضاف إلى ذلك وجود انتشار واسع للطبقات الخازنة والغطائية والمولدة

ضمن المقطع الرسوبي للمنطقة ، وهذا ما دفعنا لتطبيق تقنية التنقيب الجيوميكروبيولوجي في هذا الحقل بين عامي (٢٠٢٣-٢٠٢٤) كأداة استكشافية تُطبق لأول مرة في حقول الجمهورية العربية السورية ، وهي ذات قيمة مضافة تؤكد بشكل مباشر وفعلي على وجود المصيدة الهيدروكربونية في هذه المنطقة ونهدف من خلال هذه الدراسة إلى تطوير نهج الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي في الكشف الدقيق عن المصائد الهيدروكربونية في الحقول السورية في المستقبل .



الشكل (8) موقع تركيب زملة المهر على الخارطة الزمنية (TWT) لعاكس الكوراشينا دولوميت.

ضمن الدراسة المرجعية الاستكشافية بينت نتائج المسح الكهرومغناطيسي المُطبق من قبل شركة بيتروسيرف الروسية في حقل زملة المهر شكل التركيب بالتوافق مع بيانات المسح السايزمي ويظهر الشكل (٩) خريطة المسح الكهرومغناطيسي بالتوافق مع شكل التركيب من الخارطة الزمنية (TWT) لعاكس الكوراشينا دولوميت .



الشكل (٩) خريطة المسح الكهرومغناطيسي بالتوافق مع شكل التركيب من الخارطة الزمنية (TWT) لعاكس الكوراشينا دولوميت .[26]

أهمية البحث :

الحاجة إلى تطبيق تقنية استكشاف سطحي فعالة وذات نتائج سريعة وإيجابية وتكلفة اقتصادية قليلة تؤكد بشكل مباشر وحاسم على وجود الغاز في التراكيب الجيولوجية المُحددة بنيوياً بواسطة المسوحات الاستكشافية الأخرى مما يقلل مخاطر الحفر غير المؤكد.

هدف البحث :

توثيق وتأكيد وجود المصيدة الغازية في تركيب زملة المهر من خلال دمج بيانات المسح الجيوميكروبيولوجي مع نتائج المسح الكهرومغناطيسي المُطبق من قبل شركة بيتروسيرف الروسية.

مواد وطرائق البحث :

حقلياً :

١) معدات أخذ العينات من التربة السطحية.

٢) عبوات معقمة حافظة ذات درجة حرارة $5\ C°$.

مخبرياً :

١) الوسط المؤكسد وهو عبارة عن وسط أملاح النترات المعدنية المخففة والذي يتألف من اتحاد فوسفات أحادية الصوديوم مع فوسفات ثنائية الصوديوم $NaH2PO4-$ $(Na2HPO4)$ معاير إلى درجة $(PH=5.5-7)$

٢) غاز الميثان $CH4$.

٣) غاز ثاني أوكسيد الكربون $CO2$.

٤) معدات حقن الغازات ومعدات التخفيفات التسلسلية .

٥) أجار.

٦) أطباق بتري .

٧) جهاز تعداد المستعمرات البكتيرية colony counter.

طريقة العمل :

١) الإجراءات الحقلية :

تمثلت بجمع ثلاثة عينات من التربة السطحية من حقل زملة المهر (اثنتين ضمن حدود الحقل وعينة خارج حدود الحقل للمقارنة) وتعبئة وحفظ العينات وتخزينها بدرجة حرارة منخفضة في عبوات خاصة معقمة مسبقاً مع مراعاة صحة الإجراءات المتبعة لأخذ العينات من التربة السطحية لأن عملية أخذ العينات مهمة جداً وحساسة في هذا النوع من التنقيب السطحي وبالتالي صحة نتائج الاختبار تعتمد إلى حد كبير على الطريقة التي يتم بها أخذ العينات ، ثم تم نقلها إلى مخبر البحث العلمي في كلية العلوم في جامعة البعث حتى تمت إجراءات الاستنبات والعزل والتعداد البكتيري .

٣) الإجراءات المخبرية :

بالنسبة للعينات الثلاثة المأخوذة قمنا بالخطوات التالية :

١- استنبات البكتيريا المؤكسدة لغاز الميثان (Methanotrophs):

بكتيريا Methanotrophs الهوائية هي بكتيريا فريدة من نوعها من الناحية الأيضية قادرة على استخدام غاز الميثان كمصدر وحيد للطاقة والنمو ، حيث أن السمة المميزة لهذه الكائنات هي استخدام إنزيمات methane monooxygenase (MMO) لتحفيز أكسدة غاز الميثان إلى الميثانول ، بالتالي فإن النهج الانتقائي لزراعة هذه البكتيريا يتم وفق استخدام الوسائط المعدنية المحفزة لعملية الأكسدة مع إضافة غاز الميثان كركيزة نمو ، حيث يحدد تكوين الوسط المعدني وظروف الحضانة بشكل كبير النتيجة المراد الحصول عليها

من إجراء هذه الزراعة ، وتبعاً لنوع البيئة التي تنمو فيها هذه البكتيريا (في هذا البحث تتمثل بالتربة شبه الصحراوية في حقل زملة المهر) لذلك قمنا بتحضير الوسط المعدني الأنسب وهو وسط أملاح النترات المعدنية المخففة (Dilute nitrate mineral salts medium) ضمن شروط معينة في مخبر الكيمياء التحليلية في كلية العلوم في جامعة البعث ، مع إضافة غاز الميثان الذي حصلنا عليه من الشركة العامة لمصفاة حمص بنسبة 40 ml إلى مجموع 15 ml معلق التربة (الذي تم تحضيره بكمية ١٠٠g من التربة إلى ١٠٠ mlماء مقطر) و ٢٠ ml من وسط أملاح النترات المعدنية المخففة كركيزة نمو بالإضافة إلى نسبة قليلة من غاز ثاني أوكسيد الكربون ٥ ml بهدف تحفيز نمو بكتيريا methanotrophs المستهدفة والذي يشارك في التمثيل الغذائي الأولي والمتوسط لهذه البكتيريا ، وذلك ضمن قوارير مغلقة ومعقمة بواسطة الأوتوغلاف حتى يتم التفاعل بشكل جيد ومحكم ضمن حاضنة جرثومية بدرجة حرارة ٣٧C° لمدة ٧-١٠ أيام.

٢- التخفيفات التسلسلية (Serial Dilutions) :

تهدف التخفيفات التسلسلية إلى زيادة عزل بكتيريا Methanotrophs من المزارع المستنبتة ، وتشمل تلقيح القارورة الأولى (تحتوي 9 ml من الوسط المؤكسد) بعزلة من قشرة النمو التي حدثت نتيجة استهلاك بكتيريا Methanotrophs لغاز الميثان المحقون ، ثم أخذ (1ml) من هذه القارورة وحقنها في القارورة الثانية (تحتوي 9 ml من الوسط المؤكسد) وهكذا قمنا بأربع تخفيفات تسلسلية بناءاً على الرؤية المجهرية حتى حصلنا على خلايا موحدة شكلياً تناسب عملية الانتشار والتوزيع على وسط الزراعة.

٣- الانتشار/الطلاء على وسط صلب (Spread Plating) :

قمنا بإعداد أطباق بتري باستخدام خليط من وسط (DNMS) والأجار بنسبة معينة ونشر عزلة عينة من معلق خلوي مأخوذة من التخفيف المتسلسل الرابع على الألواح ، ثم تحضينها

في وعاء مغلق يحتوي على 100 ml غاز ميثان و 20 ml غاز ثاني أكسيد الكربون لمدة أسبوعين.

٤- التعداد البكتيري :

من خلال جهاز تعداد المستعمرات البكتيرية المنتشرة على أطباق بتري من خلال العلاقة التالية:

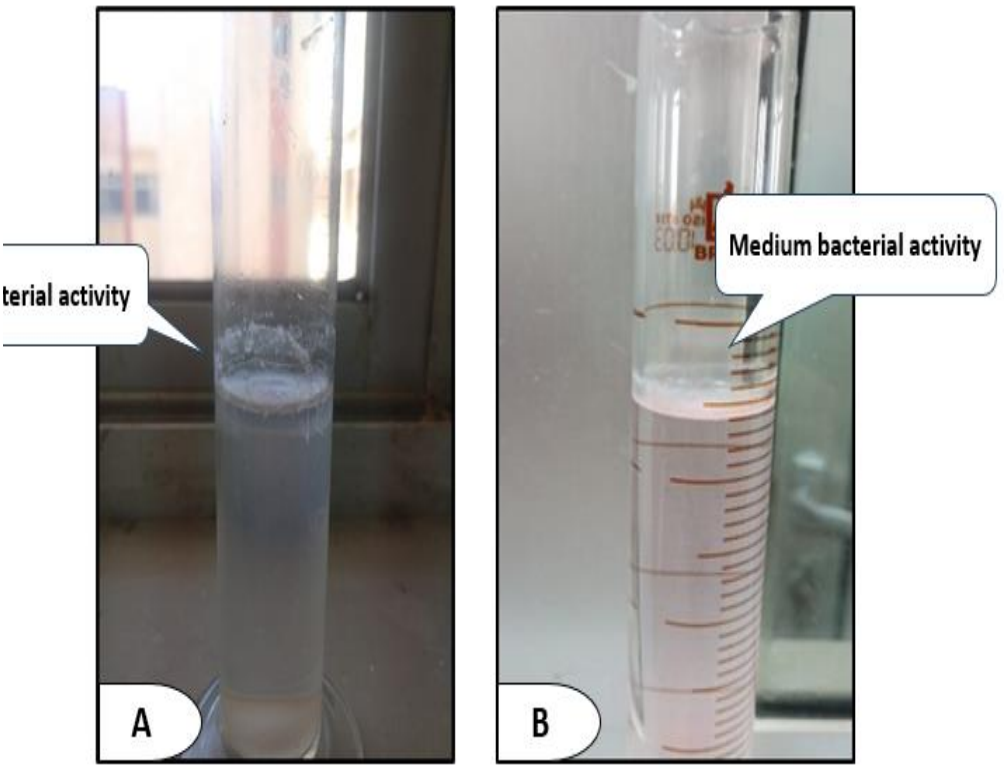
Number of Colonies forming units (CFUs) = No. of colonies × total dilution factor /volume of culture plated in ml (0.1ml)

ويوضح الشكل (١٠) الإجراءات الحقلية والمخبرية التي قمنا بها في هذا البحث.

الشكل (١٠) الإجراءات الحقلية والمخبرية حيث يمثل : A) عملية أخذ العينات من التربة السطحية ،B) ثلاثة عينات من التربة السطحية ضمن عبوات حافظة معقمة ، C) وزن 100 غرام من كل عينة من أجل تحضير معلق التربة ، D) تعقيم الوسط المؤكسد (DNMS) في الأوتوغلاف ، E) الحصول على غاز CH_4 و CO_2 ، F) حقن الغاز ضمن خليط (معلق التربة مع الوسط المؤكسد) ، G) احتضان القوارير الثلاثة في حاضنة جرثومية بدرجة حرارة $37\ C°$ ،H) جهاز التعداد البكتيري .

النتائج :

١) كنتيجة إيجابية أولية تشكلت قشرة بكتيرية في أنابيب الاختبار على سطح الوسط المعدني ومعلق التربة بعد عملية حقن غازي CH_4 و CO_2 (بالنسبة للعينة المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر–١ تشكلت قشرة بكتيرية واضحة جداً نتيجة النشاط البكتيري العالي أما بالنسبة للعينة المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر–٢ تشكلت قشرة بكتيرية متوسطة أقل وضوحاً من العينة الأولى نتيجة النشاط البكتيري المتوسط ، في حال لم نجد أي تشكل لهذه القشرة البكتيرية في العينة المأخوذة خارج حدود المكمن) ، وهذا يدل على وجود عملية أكسدة لغاز الميثان من قبل المجموعات البكتيرية المستهدفة (Methanotrophs) في هذه العينات كما هو موضح في الشكل (١١).



الشكل (١١) تشكل قشرة بكتيرية نتيجة استهلاك غاز الميثان ضمن أنابيب الاختبار A) تشكل قشرة بكتيرية واضحة جداً نتيجة النشاط البكتيري العالي بالنسبة للعينة المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر–١ ، B) تشكل قشرة بكتيرية أقل وضوحاً نتيجة النشاط البكتيري المتوسط بالنسبة للعينة المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر–٢

٢) بعد القيام بالتخفيفات التسلسلية على أربعة مراحل ثم حضانة أطباق البتري الحاوية على المستعمرات البكتيرية المستهدفة ، وبناءاً على التصنيف المُعتمد لتحديد الشذوذ الميكروبي فوق حقول النفط والغاز من قبل الجمعية الأمريكية لعلماء جيولوجيا البترول (AAPG) American Association of Petroleum Geologists وجمعية علماء الجيوفيزياء الاستكشافية Society of Exploration Geophysicists (SEG) ، حيث يتمثل هذا

التصنيف في ثلاثة مستويات حسب عدد المستعمرات البكتيرية Colony (CFU) Forming Units في ml واحد كما يلي :

_ في حال $10^6 <$ CFU/ ml ; فإن ذلك يدل على شذوذ بكتيري عالٍ.

_ في حال ١٠٣ ~ CFU/ ml _ 10^6 ; فإن ذلك يدل على شذوذ بكتيري متوسط.

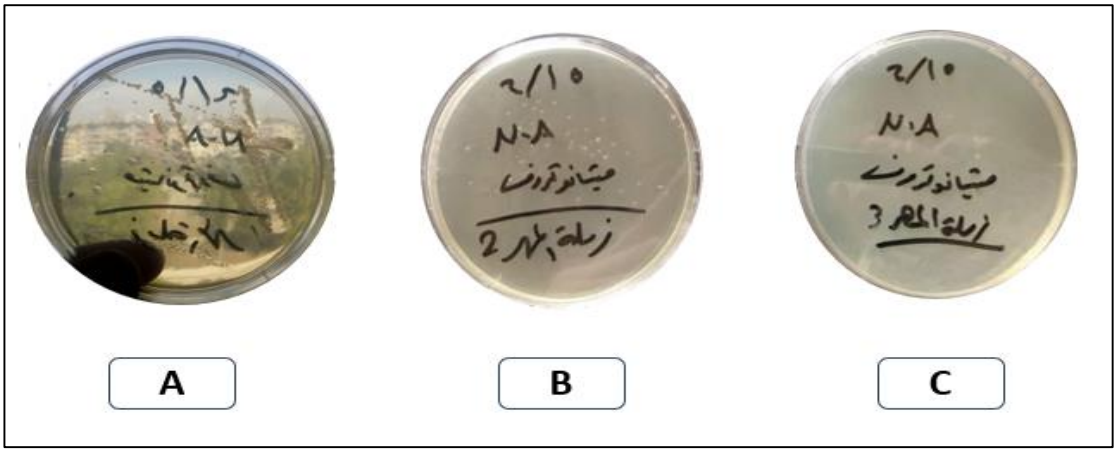
_ في حال $10^3 >$ CFU/ ml ; فإن ذلك لا يدل على وجود البكتيريا المستهدفة .[27]

اعتماداً على هذا التصنيف قمنا بعدّ هذه المستعمرات البكتيرية وحصلنا على النتائج التالية :

_ العينة الأولى المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر-١ تحتوي على $2.3x10^7$ CFU/ml وهذا يمثل شذوذ ميكروبي عالي الشكل (12-A).

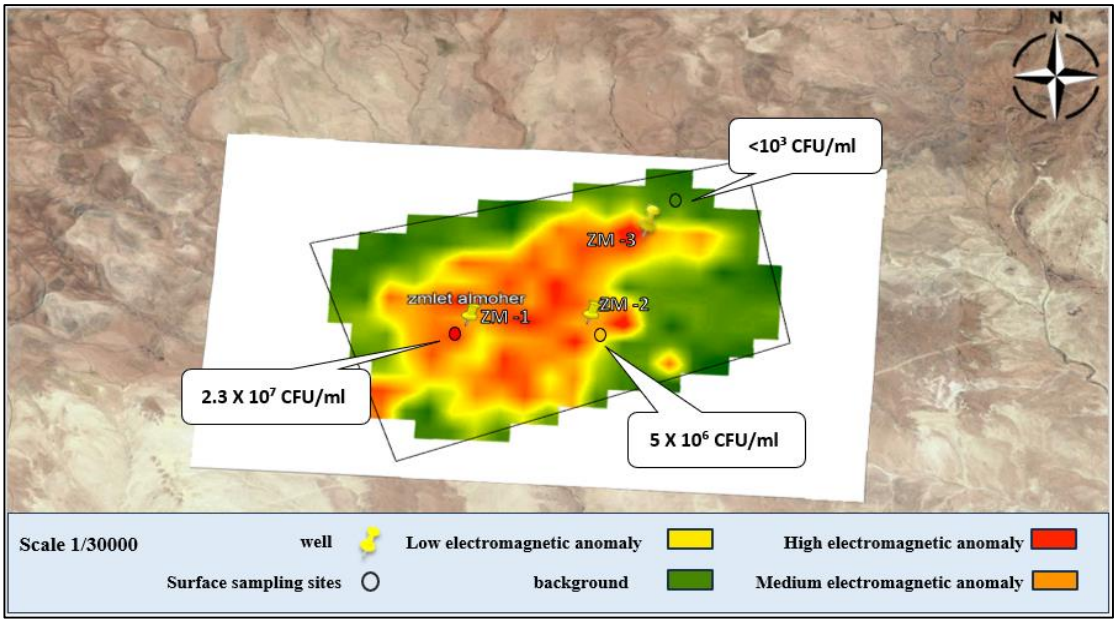
_ العينة الثانية المأخوذة بالقرب من بئر زملة المهر-2 تحتوي على $5 X 10^6$ CFU/ml وهذا يمثل شذوذ ميكروبي متوسط الشكل (12-B).

_ العينة الثالثة المأخوذة خارج تركيب زملة المهر تحتوي على أقل من 10^3 CFU/ml وهذا لا يمثل أي شذوذ ميكروبي أو تواجد فعلي كبير لهذه البكتيريا الشكل (12-C).



الشكل (١٢) توزع المستعمرات البكتيرية على أطباق بتري بالنسبة للعينات الثلاثة .

٣) توافق الشذوذ الميكروبي العالي (2.3×10^7 CFU/ml) المُقاس في العينة المأخوذة بالقرب من بئر (زملة المهر -١- منتج للغاز) مع الشذوذ الكهرومغناطيسي العالي في نفس المنطقة ، وكذلك ضمن حدود الحقل بالقرب من بئر (زملة المهر -٢- جاف) توافق الشذوذ الميكروبي المتوسط (5×10^6 CFU/ml) مع الشذوذ الكهرومغناطيسي المتوسط المُقاس ، أما خارج حدود الحقل لم نجد أي شذوذ ميكروبي وهذا ما توافق مع حدود التركيب المستهدف وفقاً للمسح الكهرومغناطيسي وللخريطة الزمنية لتركيب زملة المهر (TWT) كما هو موضح في الشكل (١٣).



الشكل (١٣) توافق نتائج المسح الجيوميكروبيولوجي مع نتائج المسح الكهرومغناطيسي المنفذ في حقل زملة المهر.

المقترحات:

١) إعادة إحياء آبار زملة المهر (٢ ، ٣) والعمل على إصلاح الأخطاء الحاصلة بالإضافة إلى وجوب وضرورة تكامل الدراسات الجيوفيزيائية والجيولوجية والدراسات الأخرى مع نتائج الشذوذ الميكروبي السطحي وذلك للتمييز بين الشذوذ الناتج عن تسرب غاز الميثان إن كان منشأهُ التكسير الحراري أو من عمليات التحلل البيولوجي.

٢) الاستفادة من هذه النتائج التي توصلنا لها في هذا الحقل كتجربة أولية ناجحة وإمكانية تطبيق هذا النهج من الاستكشاف الجيوكيميائي السطحي على شكل شبكة عينات سطحية

ورسم الشذوذ الميكروبي المقاس في كل عينة ، بالتالي الحصول على خريطة تبين حدود المصيدة الهيدروكربونية الجوفية ، حيث كانت تكلفة التجربة على العينة الواحدة بحوالي 700,000 ليرة سورية ولتغطية كامل هذا التركيب الذي قُدرت أبعادهُ بـ 3x2.6 كم يجب أخذ ٣٥ عينة تقريباً أي بتكلفة حوالي 2,500,000 ليرة سورية ، وفي المستقبل يمكن تطبيق هذه التقنية في الحقول الغازية السورية غير المستكشفة بهدف تقليل تكاليف المسح وتوجيه عمليات الاستكشاف والحفر اللاحقة نحو المناطق ذات المأمولية الهيدروكربونية الأعلى .

٣) اللجوء إلى تقنيات البيولوجيا الجزيئية الحديثة مثل تفاعل البوليميراز المتسلسل polymerase chain reaction (PCR) الذي يحدد وبدقة مطلقة البكتيريا المؤكسدة لغاز الميثان المُنشأ من التكسير الحراري وبذلك يتم نفي حالة وجود غاز ميثان من منشأ آخر ضمن منطقة الدراسة .

الخاتمة :

تشير نتيجة الشذوذ الميكروبي المقاس في العينات السطحية إلى أنه يوجد في منطقة الدراسة إمكانيات كبيرة من الغاز ، وذلك نتيجة الهجرة العمودية لغاز الميثان من المصيدة الموجودة إلى السطح ، وهذا ما يؤكد أن هذه التقنية يمكنها تقييم إمكانيات المصيدة الهيدروكربونية والتنبؤ بخصائص الخزان وأنها تقنية قابلة للتطبيق وفعالة.

المراجع الأجنبية:

[1] Schumacher, D. “Deet.” (2000). Surface geochemical exploration for oil and gas: New life for an old technology. The Leading Edge, 19(3), 258–261. doi:10.1190/1.1438582 .

[2] Schumacher, D., 1996, Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments, *in* D. Schumacher and M.A. Abrams, eds., Hydrocarbon Migration and Its Near-Surface Expression: AAPG Memoir 66, p. 71–89.

[3] Saunders, D.F., K.R. Burson, and C.K. Thompson, 1999, Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations: AAPG Bulletin, vol. 83, p. 170–185.

[4] Jones VT, Matthews MD, Richers DM (2000) Light hydrocarbons for

petroleum and gas prospecting. In: Hale M (ed) Handbook of

exploration geochemistry, vol 7, pp 133–212.

[5] Rasheed M.A., Lakshmi M., and Dayal A.M (2011). Bacteria as indicators for finding oil and gas reservoirs: A Case Study of Bikaner-Nagaur Basin, Rajasthan, India. Petroleum Science Journal. Volume 8, Number 3, 264-268.

[6] Mogilewskii, G. A., 1940, The bacterial method of prospecting for oil and natural gases: Razvedka Nedr, v.12, p. 32–43.

[7] Abrams, M.A. (2020) Microseepage vs. Macroseepage: Defining Seepage Type and Migration Mechanisms for Differing Levels of Seepage and Surface Expressions, Search and Discovery, 42542.

[8] Rosaire, E. E., 1939, The handbook of geochemical prospecting: Houston, Texas, Gulf Publishing Co., 61 p.

[9]Taggart, M. S., 1941, Oil prospecting method: U. S. Patent 2,234,637.

[10] Taggart, M. S, 1944, Oil prospecting method: U. S. Patent 2,349,472.

[11] Updegraff, D. M., and H. H. Chase, 1954, Microbiological prospecting method: U. S. Patent 2,861,921.

[12] Davis, J. B., 1956, Geomicrobial prospecting method for petroleum: U. S. Patent 2,777,799.

[١٣] Strawinski, R. J. 1954 Prospecting. U. S. Patent 2,665, 237.

[١٤] Rosenfeld,W.D.,1960 , Petroleum Prospecting Method : U. S Patent 2,921,003.

[١٥] Hitzman,D.O.,1959 , Prospecting for Petroleum deposits : U .S Patent 2,880,142.

[١٦] Michaels ,G.B., Riese ,W.C.,1991, Geomicrobiological Methods Of Ore And Petroleum Exploration : U.S.Patent 5,055,397.

[17] Severn ,.S.R., Rodriguez ,H.T., Danesin ,R.A., Imber,B.E.,1991, Method And Apparatus Useful In Geochemical Exploration For Petroleum Oils : U.S.Patent 5,015,586.

[١٨] Gonzales-Prevatt ,V., Munnecke,D.M.,1992, Microbiological Oil Prospecting : U.S.Patent 5,093,236.

[١٩] Ashby ,M.,2004, Methods For The Survey And Genetic Analysis Of Populations :U .S. Patent US 2004/0110183 A 1.

[٢٠] Kotlar ,H., Rueslatten,H., Ramstad,M., Brakstad,O.,2006, Methods Detecting Characterising And Monitoring Hydrocarbons Reservors :U.S .Patent 2006/0154306 A1.

[21] Mansour,S.,2005 , Analysis And Statistical Process Control Using Multitargeted Screening Assays , PCT/US2005/013047 , WO 2005/103284 A2.

[22] Aaron ,R.B., Amelia ,R.C., Lucie ,N.A,2013, Method To Determine Location, Size And In Situ Condition In Hydrocarbon

Reservoir With Ecology, Geochemistry, And Biomarkers : PCT/US2013/021258 , WO 2013/119350 A1

[23] Sleat ,R., Hatton ,R.,2010, A Microbiological Detection Method , PCT/GB2010/000531 , WO 2010/109173 A1.

[24] Khmelenina VN, Murrell JC, Smith TJ, Trotsenko YA. Physiology and Biochemistry of the Aerobic Methanotrophs. In: Rojo F (editor) Aerobic Utilization of Hydrocarbons, Oils and Lipids. Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology. Springer; Cham; 2018;1–25. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39782- 5_4-1.

[25] Waldron KJ, Robinson NJ. How do bacterial cells ensure that metalloproteins get the correct metal? Nat Rev Microbiol. 2009;7(1):25–35. https://doi.org/10.1038/nrmicro2057.

[27] Wagner, M., Wagner, M., Piske, J. and Smit, R., 2002, Case histories of microbial prospection for oil and gas. AAPG Studies in Geology 48 and SEG Geophysical References Series, vol. 11, pp. 453–479.

المراجع العربية:

[26] الشركة السورية للنفط ، مديرية الاستكشاف (٢٠٢٢) – المذكرة التبريرية لبئر زملة المهر–١ ، دراسة غير منشورة ، دمشق ، سورية