

التوصيف الكيميائي والفعالية المضادة للفطريات المقاومة لزيت الزعتر العطري المستخلص من أوراق الزعتر البري المحلي

أ.د. باسم بطاح*

(الإيداع: 30 آب 2025. القبول: 18 كانون الثاني 2026)

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى استخلاص الزيت العطري من أوراق الزعتر البري السوري (*Thymus syriacus*) وتوصيفه كيميائياً، ثم تقييم نشاطه المضاد للفطريات المقاومة للمضادات الفطرية. تم الحصول على الزيت العطري من الأوراق الجافة باستخدام التقطير البخار، وبلغ مردوده 1.5% من الوزن الجاف للأوراق. جرى تحديد التركيب النوعي والكمي للمكونات الرئيسية للزيت باستخدام الكروماتوغرافيا الغازية بالمقارنة مع مركبات معيارية، وتبين أن التيمول يمثل المكون الرئيس بنسبة 68.36%، إلى جانب مركبات أخرى مثل ألفاجينين، بيتاجينين، باراسيمين، ألفا-ترينين، غاما-ترينين، خلاص التيمول، والكافاكرول. تم تقييم الفعالية المضادة للفطريات للزيت العطري ضد سلالات سريرية متعددة المقاومة لكل من الفلوكونازول (*Fluconazole*) والأمفوتريسين ب (*Amphotericin B*)، تعود إلى نوعي المبيض البيضاء (*Candida albicans*) والرشاشية الدخنة (*Aspergillus fumigatus*)، وذلك على أوساط صلبة وسائلة. أظهر الزيت العطري نشاطاً ملحوظاً مضاداً للفطريات على الأوساط الصلبة ضمن مجال تراكيز تراوح بين 5 و100%، كما بلغ التركيز المثبط الأدنى (MIC) في الوسط السائل 1.5 ميكروليتر/مل لكلتا السلالتين. تشير هذه النتائج إلى امتلاك زيت الزعتر البري العطري فعالية واعدة ضد السلالات الفطرية المقاومة للمضادات الفطرية، مما يستدعي إجراء دراسات إضافية على سلالات أخرى، بالإضافة إلى تقييم السمية الخلوية وتحديد الجرعات الآمنة والفعالة في الدراسات داخل الجسم الحي. (In vivo)

الكلمات المفتاحية: أوراق الزعتر البري، تيمول، الزيت العطري، استخلاص الزيت العطري، الكروماتوغرافيا الغازية، الفعالية المضادة للفطريات، السلالات الفطرية المقاومة.

*أستاذ – قسم الكيمياء الحيوية والاحياء الدقيقة – جامعة انطاكية السورية الخاصة.

Chemical characterization and antifungal activity of the essential oil extracted from the leaves of *Thymus syriacus* Boiss.

Basem Battah *

(Received: 30 August 2025, Accepted: 18 January 2026)

Abstract:

This study aims to extract the essential oil from the leaves of Syrian wild thyme (*Thymus syriacus* Boiss) and to characterize it chemically, then to evaluate its antifungal activity against antifungal-resistant fungi. The essential oil was obtained from dried leaves by steam distillation, with a yield of 1.5% based on the dry weight of the leaves. The qualitative and quantitative composition of the main components of the oil was determined using gas chromatography by comparison with reference standards, and thymol was found to be the major constituent, accounting for 68.36% of the oil, alongside other compounds such as α -pinene, β -pinene, p-cymene, α -terpinene, γ -terpinene, thymol acetate, and carvacrol. The antifungal activity of the essential oil was evaluated against clinical multidrug-resistant isolates to both fluconazole and amphotericin B, belonging to *Candida albicans* and *Aspergillus fumigatus*, using both solid and liquid media. The essential oil exhibited marked antifungal activity on solid media within a concentration range of 5 to 100, and the minimum inhibitory concentration (MIC) in liquid medium was 1.5 μ L/mL for both strains. These findings indicate that the essential oil of wild thyme leaves has promising activity against antifungal-resistant fungal strains, warranting further studies on additional fungal species, as well as assessment of its cytotoxicity and determination of safe and effective doses in in vivo studies.

Keywords: *Thymus syriacus* leaves, Thymol, Essential oil, essential oil extraction, gas chromatography, antifungal activity, resistant fungal strains.

*Professor – Department of Biochemistry and Microbiology – Antioch Private Syrian University.

1. المقدمة:

ينتمي الزعتر البري *Thymus syriacus Boiss.* إلى الفصيلة الشفوية *Lamiaceae* [1,2,3] وهو عبارة عن شجيرة دائمة الخضرة، كثيرة التفرع كما يظهر في الشكل (1).



الشكل رقم (1): نبات وأوراق الزعتر البري

كما يتميز نبات الزعتر البري بأوراق عطرية تكسوها وبغزارة غدد مفرزة لزيت طيارة، تزهر بدءاً من شهر حزيران إلى شهر تشرين الأول، وتكون الأزهار بيضاء اللون، الموطن الأصلي للنبات في منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط، وبشكل رئيسي سورية ولبنان والأردن [4,5,6]. حيث وصف الزعتر البري من أجل علاج السعال وأعراض البرد وذلك بفضل خصائصه المضادة للبكتيريا والمضادة للفيروسات. حيث يعمل على تخفيف وتهدئة السعال ويساعد في تخفيف التهابات البلعوم واحتقان الأنف. يساعد في تخفيف التهابات البلعوم واحتقان الأنف، وفي تحسين التنفس وتقوية الجهاز التنفسي [1,3,6,12,11,13,14,15]. وقد تبين حديثاً أن مغلي الزعتر البري يملك خصائصاً مضادة للأكسدة ومضادة لنمو الأورام، مما قد يتيح استخدام الزعتر البري للوقاية من الإصابة بمرض السرطان وكما يستخدم لعلاج ومكافحته كسرطان البروستات والثدي وغيرها من السرطانات، ويرجع ذلك إلى المكونات الحيوية الهامة للزيوت العطرية المتواجدة فيه مثل التيمول والكارفكرول [6].

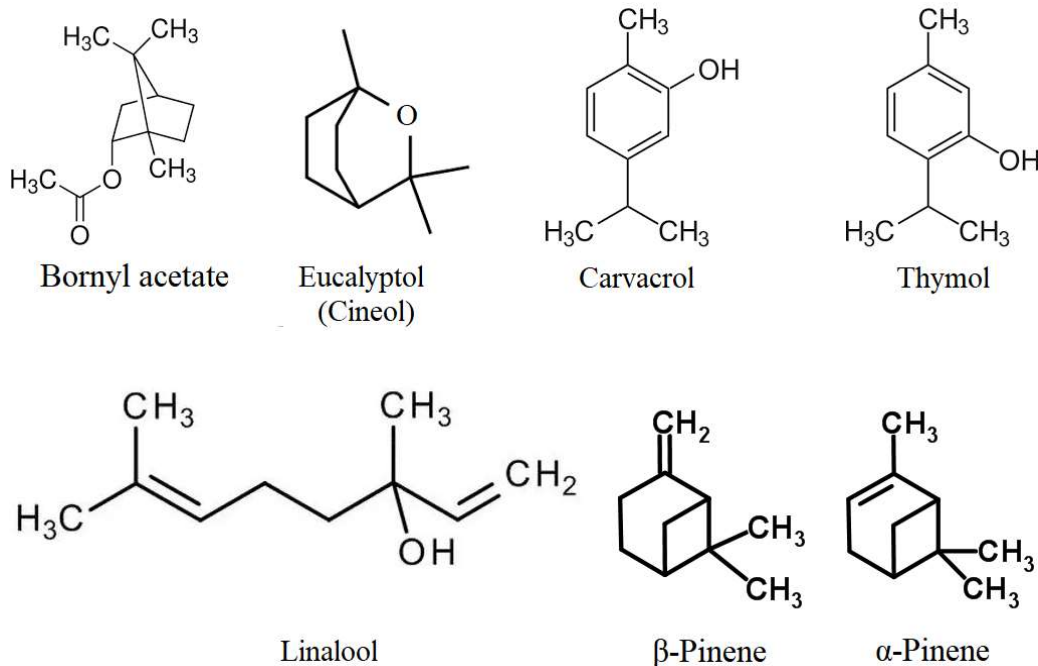
هناك عدة طرائق عملية من أجل استخلاص زيت أوراق الزعتر البري، ولعل أهمها: التقطير ببخار الماء Steam distillation، والاستخلاص بالمحلات العضوية عند درجة غليان المحل Extraction by Organic Solvents باستخدام جهاز سوكسيليه Soxhlet، والاستخلاص بطريقة النقع بالمحلات العضوية عند درجة حرارة الغرفة [5,6,7,12,13,14].

يتوقف تركيب الزيت العطري لأوراق الزعتر البري على العامل الوراثي للنبات، كما يتأثر بعدة عوامل بيئية وفيزيولوجية مثل: عمر النسيج (النضج) والمناخ والتربة وظروف التخزين وكذلك طريقة الاستخلاص؛ ويكون الفارق في تركيب الزيوت العطرية كمياً أكثر منه نوعياً [17].

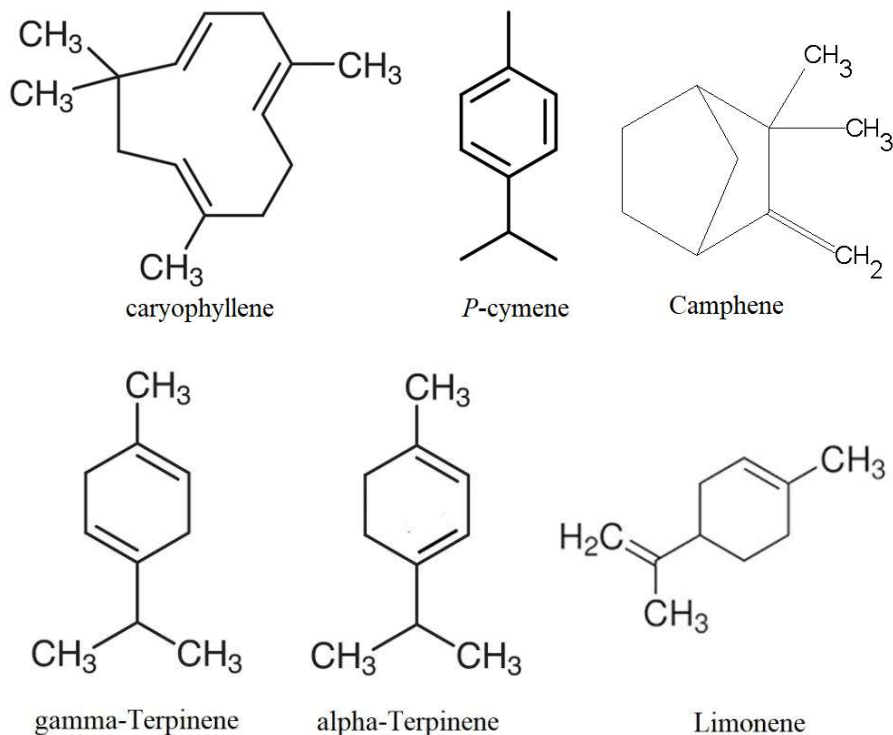
يحتوي الزيت العطري لأوراق الزعتر البري على العديد من المكونات الكيميائية، وتختلف هذه المكونات باختلاف التوزيع الجغرافي للنبات، ولعل أهم هذه المكونات الكيميائية:

- الفينولات: تعد المكون الرئيس لهذا الزيت العطري إذ تشكل من 40 إلى 50% من تركيب الزيت العطري، وأهمها التيمول والكارفكرول، وهي مكونات تتمتع بخواص مطهرة قوية وهي مسؤولة عن الفعالية المضادة للميكروبات والفطريات تفوق الفينول بشكل كبير [16].

- التربينات *Terpenes* : تتواجد في الزيت العطري بنسب قليلة ومتفاوتة، حيث تتواجد بثلاثة أنواع وهي:
- التربينات الأحادية *Monoterpenes* : نجد منها في زيت الزعتر كلا من البورنيول والسينيول والكامفين وباراسيمين والجيرانيلول والليمونين واللينالول وألفا بينين وبيتا بينين والتيربينين وألفا تيربينول وولات الجيرانيل.
- اخادية و نصف التربين *Sesquiterpenes* : يعد مركب بيتا كاريوفيللين أكثرها تواجداً في الزيت العطري للزعتر.
- التربينات الثلاثية *Triterpenes* : ومنها التربينات الثلاثية السابونينية مثل حمض الأوروسوليك *Urosolic acid* وحمض الأولينوليك *Oleanolic acid* و هي ليست من المكونات الشائعة في زيت الزعتر العطري ويعد هذان الحمضان من الأحماض ذات الفعالية الحيوية العالية حيث تعمل كمضادات لتشكل الخلايا السرطانية.
- الفلافونويدات *Flavonoids* : نذكر منها الليتولين 7-غليكوزيد الليتولين و 7-دي غليكوزيد ليتولين والسيرسيلينول و 8-ميتوكسي سيرسيلينول.
- يحتوي نبات الزعتر البري على مركبات فينولية وفلافونويدات (مثل لوتولين غليكوزيدات) وأحماض دهنية وبروتينات في الأوراق، بينما يركز الزيت العطري على المركبات الطيارة - :الفينولات: تيمول (65-70%)، كارفاكرول (2-5) - (%المونوترينينات α -pinene، β -pinene، p-cymene، γ -terpinene).



والشكل رقم (2) : يبين الصيغ الكيميائية المنشورة لأهم المكونات الرئيسية للزيت العطري لأوراق الزعتر البري.



الشكل رقم (2): الصيغ الكيميائية المنشورة لأهم المكونات الرئيسية للزيت العطري لأوراق الزعتر البري

تبلغ نسبة التيمول Thymol في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري ما بين 65-70% كما تبلغ نسبة الكارفاكرول carvacrol حوالي بين 2-5% ، ولكلا المركبين خواصاً معقمة قوية جداً [23].

يدخل التيمول في تركيب بعض المستحضرات الصيدلانية كالشرابات والبخاخات الاستنشاقية وذلك بسبب فعاليته العالية في علاج الربو ولخواصه المضادة للبكتيريا [24]، وحديثاً يتم استخدامه كمادة معقمة كبديلة عن الأوجينول في المعالجات السنية، وقد أعطى خواص إيجابية فعالة جداً ضمن هذا المجال ، ويستخدم الكارفاكرول في معالجة الأورام السرطانية بالإضافة إلى كونه مادة معقمة [6].

التيمول هو المكون الرئيسي للزيت العطري لأوراق الزعتر البري، وهو مركب فينولي ، ويسمى حسب التسمية الدولية 2-(propan-2-yl)-5-methylphenol ويسمى اختصاراً IPMP ، وهو مركب ذو رائحة عطرية ذكية، صيغته الجزيئية $C_{10}H_{12}O$ وكتلته المولية $150.221 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ، درجة انصهاره $49-51^\circ\text{C}$ ، ودرجة غليانه 232°C ، وكثافته $0.960 \text{ g}/\text{cm}^3$ ، وقرينة انكساره 1.5208 ، وهو ضعيف الذوبان في الماء وقابل للذوبان في الإيثانول والمحاليل العضوية المختلفة [15,16].

الكارفاكرول هو المكون الثاني بعد التيمول من حيث الفعالية ونسبته في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري، وهو مصاوغ بنيوي للتيمول، ويسمى أيضاً بـ سيموفينول cymophenol ، ويتشابه معه بالخواص الفيزيائية والبيولوجية، ويسمى حسب التسمية الدولية 2-Methyl-5-(propan-2-yl)phenol ، صيغته الجزيئية $C_{10}H_{12}O$ وكتلته المولية $150.221 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ، درجة انصهاره 1°C ، ودرجة غليانه 237.7°C وكثافته $0.9772 \text{ g}/\text{cm}^3$ ، وهو ضعيف الذوبان في الماء وقابل للذوبان في الإيثانول والمحاليل العضوية المختلفة [13,14].

تصدت الفطريات الممرضة في السنوات الأخيرة مراتب متقدمة محلياً في الانتشار والقدرة على إحداث العدوى الإنتانية في الفئات العمرية المختلفة، ويزيد خطورتها كعوامل ممرضة امتلاكها لمقاومة شبه تامة تجاه طيف واسع من المضادات الفطرية المستعملة في التغطية العلاجية في المستشفيات السورية [8]، مما دفع الأبحاث المحلية بالتوجه إلى دراسة تشخيصية وتفصيلية عن أكثر الأجناس الفطرية انتشاراً محلياً، وتبين أن جنسي المبيضات *Candida sp.* والرشاشيات *Aspergillus sp.* أتيا في المراتب الأولى وأنها مسؤولين عن طيف واسع من الإنتانات الفطرية المحلية (إنتان المجاري البولية- التناسلية - إنتان الدم- إنتان السحايا- الإنتان الرئوي - داء السداة الأذنية). وكان الأمر اللافت والأكثر خطورة في السنوات الأخيرة هو مساهمة هذين الجنسين ولاسيما جنس المبيضات في العدوى الإنتانية المكتسبة من البيئة المحيطة في المراكز الصحية المحلية (المشافي)، ومقاومتها التامة للعلاج المشفوي المطبق لعلاج العدوى المكتسبة مثل الفلوكونازول Fluconazole و الأمفوترسين ب amphotericin B. حيث تبدي هاتين السلالتين الفطريتين مقاومة تجاه معظم المضادات الفطرية المستعملة سابقا مثل (الفلوكونازول Fluconazole، الأمفوتريسين ب Amphotericin B ، الأزول azoles والإيكينوكانديس Echinocandins) بأشكالها الموضعية و الجهازية تجاه السلالات الفطرية متعددة المقاومة و بشكل خاص جنسي المبيضات *Candida sp.* والرشاشيات *Aspergillus sp.* . أدى سوء استعمال الأدوية المضادة للفطريات بشكل عام إلى زيادة انتشار حالات المقاومة على الأدوية . تعد الزيوت النباتية من المنتجات الطبيعية الحاوية على العديد من المكونات التي لها تأثيرات مضادة لجراثيم و الفطور المختلف [17,18] . و هذا ما دعا إلى الحاجة لإيجاد مضادات فطرية بديلة أكثر فعالية .

2. هدف البحث Aim of the Research :

يهدف البحث إلى:

- استخلاص الزيت العطري لأوراق الزعر البري باستخدام طريقة التقطير ببخار الماء، وتحديد نسبته بالنسبة لوزن الأوراق، ودراسة تركيبه الكيميائي.
- تحديد نسبة المكونات الرئيسية في الزيت العطري لأوراق الزعر البري باستخدام تقانة الكروماتوغرافية الغازية وذلك بالمقارنة مع مركبات عيارية نقية.
- دراسة الفعالية المضادة للفطور للزيت العطري لأوراق الزعر البري ضد سلالات فطرية متعددة المقاومة على المضادات الحيوية معزولة سريريا.

3. مواد وطرائق البحث Materials and Methods of Research :

1.3. أدوات البحث Equipment :

- جهاز الكروماتوغرافية الغازية من إنتاج شركة Shimadzu، نموذج QP2010-GC-MS ، صنع اليابان.
- مبخر دوار من إنتاج شركة Normschliff نموذج VV1، من صنع ألمانيا.
- ميزان الكتروني حساس بدقة 0.05mg من إنتاج شركة Sartorius نموذج ED224S ، من صنع ألمانيا.

2.3. مواد البحث materials :

تيمول عياري 99% ، ألفا بينين عياري 98% ، بيتا بينين عياري 97% ، وبارا سيمين 98% ، وألفا تربينين عياري 97% ، وغاما تربينين عياري 98% ، وتربينين-4-ول عياري 96% ، وخلات التيمول عياري 99% والكارفاكرول 99% ، بورنيول عياري 98% ، كبريتات الصوديوم اللامائية 99.8% من انتاج شركة سيغما الأمريكية، يوديد البوتاسيوم 99.7% وهيدروكسيد الصوديوم 99.5% من انتاج شركة lab scane الايرلندية، إيتانول 99.9% وثنائي إيتيل إيتر 99.9% من انتاج شركة ميرك الألمانية.

3.3. الاختبارات والتحليل Tests and Analysis :

1.3.3. استخلاص الزيت العطري من أوراق الزعتر البري بطريقة التقطير ببخار الماء :

تم جمع نبات الزعتر البري في شهر أيار من عام 2025 ، من منطقة ريف دمشق و تم التعرف على النبات من خلال صفاته الشكلية أو المورفولوجية. تم وزن 100 غ من أوراق الزعتر البري المطحونة ثم نقعت في الماء المقطر لمدة ساعة وجرفت ببخار الماء حتى نفاد الزيت من العينة المدروسة. بعد ذلك تم استخلاص الزيت العطري من القطارة المائية باستخدام ثنائي إيتيل إيتر، ثم تم تبخير القطارة الإيثيرية باستخدام المبخر الدوار تحت ضغط منخفض عند درجة الحرارة 30-40°C للحصول على الزيت العطري لأوراق الزعتر. جفف الزيت الناتج بكبريتات الصوديوم اللامائية Sodium sulphate anhydrate. تم حساب نسبة الزيت العطري بالنسبة إلى وزن الأوراق.

2.3.3. تحديد نسبة المكونات الرئيسية في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري:

تم إجراء التحليل الكروماتوغرافي الغازي GC على الزيت العطري لأوراق الزعتر البري وذلك بالمقارنة مع مركبات عيارية وذلك بتطبيق الشروط التالية [15]:

العمود الكروماتوغرافي	A fused silica capillary column HP5-MS (30 m x 0.32 mm, film thickness 0.50 µm)
الحجم المحقون	1 ميكروليتر من العينة المدروسة بعد تمديدتها 25 مرة بالأسيتون
الغاز الحامل	الهيليوم
درجة حرارة الحاقن	280°C
درجة الحرارة البدائية	40° C يتم الحفاظ عليها لمدة 8 min
درجة الحرارة النهائية	280° C يتم الحفاظ عليها لمدة 5min
سرعة التسخين	8 درجة في الدقيقة ضمن المجال 280°- 40° C
الضغط	ثابت بحدود 96.1 KPa

معدل جريان الغاز الحامل في العمود Column Flow
1.71 ml/min

تم حساب النسبة المئوية للمكونات الرئيسية في الزيت العطري المدروس بتقانة الكروماتوغرافية الغازية GC بالمقارنة مع مركبات عيارية نقية، حيث تمت مقارنة المساحة العائدة لقمم المكونات في العينة المدروسة مع المساحة العائدة للمركبات العيارية.

3.3.3. عزل السلالات الفطرية:

جمعت العينات من مستشفى الأطفال الجامعي خلال الفترة الزمنية الممتدة بين شباط وأيار من عام 2023، من عينات إبتائية مختلفة (دموية – بولية). حيث تم الاعتماد في الدراسة على نتائج زراعات المخبر الجرثومي في ذات المستشفى. تم تأكيد الأنواع الفطرية المعزولة بالاعتماد على مجموعة من الزراعات على الأوساط النوعية (سابورو آغار، آغار الدم) وتحديدتها على المستوى الجزيئي باستعمال PCR [24] ، وتحدد صفات المستعمرات النامية وخواصها، ومن ثم تحديد الصفات المجهريّة.

3.3.4 . اختبار التحسس الفطري:

تم تنمية فطر الرشاشية الدخاء على وسط سابورو السائل والحضن 24 ساعة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية. تمت دراسة مدى استجابة الرشاشية الدخاء و المُبَيَّضَةُ البيضاء للمضادات الفطرية (Amphotericin B, Fluconazole) بطريقة أقراص كيربي باور حيث تم فرش العينات الفطرية المأخوذ من المعلق الفطري السابق على وسط مولر هنتون الصلب المعدل (المضاف له زرقة الميتيلين و الغلوكون) و استعمال أقراص عيارية للمضادات الفطرية الأمفوتريسين ب Amphotericin B و الفلوكونازول fluconazole و الحضن لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية [25].

3.3.5 . تقييم الفعالية المضادة للفطريات لزيت الزعتر السوري العطري على وسط صلب :

تم تحديد الفعالية المضادة للزيت على وسط صلب باعتماد طريقة الآبار. حيث تم صب وسط مولر-هينتون آجار المضاد له غلوكون وصباغ زرقة الميتيلين (BiomerieuxFrance) في طبق بتري معقم (9 سم) وتركه حتى التصلب والتأكد من تعقيم الأوساط بالحضن لفترة 24 ساعة ومن ثم نشر المستحلب الفطري العائد لنوعي المبيضات البيض *Candida albicans* و الرُّشَّاشِيَّةُ الدُّخَاءُ *Aspergillus fumigatus* على الوسط ، وبعد مرور 15 دقيقة تم صنع آبار بقطر 6 مم باستعمال أداة حفر الآبار المعقمة مسبقاً ومن ثم ملؤها بـ 20 ميكرو لتر من الزيت بتركيز متدرجة من (100، 50، 25، 10، 5%). ومن ثم تم حفظ الأطباق في درجة حرارة الغرفة لحوالي 2 ساعة لضمان انتشار الزيت ضمن الوسط ثم حضنت الأطباق عند 37 درجة مئوية لمدة 24 سا. وبذات الطريقة السابقة تم إجراء اختبار التحسس للعزلات الفطرية سابقة الذكر [26].

3.3.6 . تقييم الفعالية المضادة للفطريات على وسط سائل وتحديد التركيز المثبط الأدنى Minimum inhibitory concentration (MIC):

تم تقييم الفعالية النوعية المضادة لكل من السلالتين الفطريتين التابعتين إلى النوعين المُبَيَّضَةُ البيضاء *Candida albicans* والرُّشَّاشِيَّةُ الدُّخَاءُ *Aspergillus fumigatus* على وسط مرق سابورو ديكستروز السائل. حيث تم تحضير سلسلة من التراكيز المتدرجة للزيت (100، 50، 25، 12.5، 6.25، 3.125، 1.56 و 0 ميكرو لتر / مل). تم تحديد التركيز المثبط الأدنى بعد 24 ساعة من الحضن بدرجة حرارة 37 درجة مئوية. باستعمال مقايصة alamar blue [24].

4. النتائج والمناقشة:

4.1 استخلاص الزيت العطري من أوراق الزعتر البري بطريق التقطير ببخار الماء :

تم استخلاص الزيت العطري من أوراق الزعتر البري بطريقة التقطير ببخار الماء، فكانت نسبته تساوي 1.5 % من وزن الأوراق.

4. 2.1 تحديد نسبة المكونات الرئيسية في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري:

تم إجراء التحليل الكروماتوغرافي الغازي GC على الزيت العطري لأوراق الزعتر البري وذلك بالمقارنة مع مركبات عيارية نقية، حيث تميز كل مكون بزمن احتباس retention time خاص به، فكان زمن الاختباس لـ ألفا بينين 4.72 دقيقة، ولـ بيتا بينين 5.29 دقيقة، ولـ بيتا ميرسين 5.44 دقيقة، ولـ باراسيمين 5.87 دقيقة، و لـ ألفا تربينين 6.10 دقيقة، ولـ غاما تربينين 6.27 دقيقة، ولـ بورنيول 7.55 دقيقة ولـ تربينين-4-ول 7.63 دقيقة، وزمن الاختباس لـ تيمول 8.85 دقيقة، وزمن الاختباس لـ خلات التيمول 9.39 دقيقة، وزمن الاختباس لـ كارفاكرول 9.93 دقيقة. والجدول رقم 3 يبين أزمدة الاحتباس ومساحات القمم للمكونات الرئيسية للزيت العطري لأوراق الزعتر البري.

الجدول رقم (3): يوضح الجدول أزمدة الاحتباس ومساحات القمم للمكونات الرئيسية في الزيت العطري الطيار لأوراق الزعتر البري

مساحات القمم Area (%)	زمن الاحتباس (دقيقة) Retention time (RT) (minute)	أهم مكونات الزيت العطري لأوراق الزعتر البري The main components of essential oil of the clove fruits
1.24	4.72	ألفا بينين α -Pinene
0.22	5.29	بيتا بينين β -Pinene
0.80	5.44	بيتا ميرسين β -Myrcene
10.90	5.87	باراسيمين P-Cymene
1.98	6.10	ألفا تربينين α -Terpinene
7.89	6.27	غاما تربينين γ -Terpinene
0.78	7.55	بورنيول Borneol
0.93	7.63	تربينين-4-ول Terpinen-4-ol
85.45	8.85	تيمول Thymol
2.32	9.39	تيمول أسيتات Thymol acetate
2.95	9.93	كارفاكرول Carvacrol

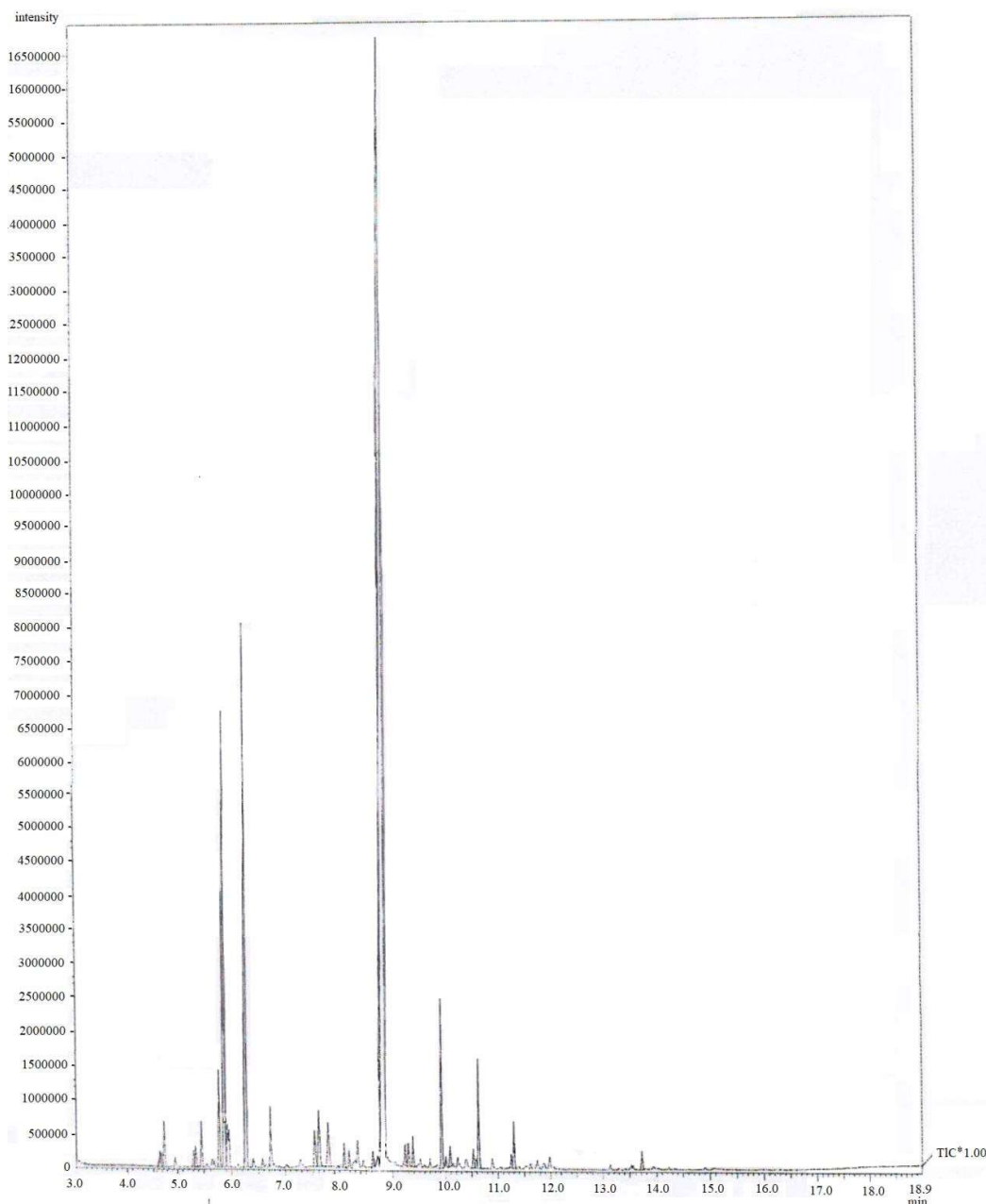
ومن خلال مقارنة مساحات القمم العائدة للمكونات الرئيسية في الزيت العطري لزيت أوراق الزعتر البري مع مساحات القمم العائدة للمركبات العيارية المحضرة وفق تراكيز محددة تبين أن التيمول هو المكون الرئيس بالنسبة للمكونات الأخرى والذي بلغت نسبته 68.36% من وزن الزيت العطري، بينما بلغت نسبة باراسيمين 8.71% و

γ -تربينين 6.31% والكارفاكرول 2.32% والتيمول أسيتات 1.85% والبورنيول 0.8%. ويبين الجدول رقم 4 النسب المئوية للمكونات الرئيسية في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري.

الجدول (4): النسب المئوية للمكونات الكيميائية الرئيسية في الزيت العطري لأوراق الزعتر البري

أهم مكونات للزيت العطري لأوراق الزعتر البري	النسبة المئوية للمكون %
ألفا بينين α -Pinene	0.99
بيتا بينين β -Pinene	0.17
بيتا ميرسين β -Myrcene	0.81
باراسيمين <i>P</i> -Cymene	8.71
ألفا ترابينين α -Terpinene	1.58
بورنيول Borneol	0.80
غاما ترابينين γ -Terpinene	6.31
ترابينين-4-ول Terpinen-4-ol	0.73
تيمول Thymol	68.36
تيمول أسيتات Thymol acetate	1.85
كارفاكرول Carvacrol	2.32

ويبين الشكل رقم (3) الكروماتوغرام الناتج لدى إجراء التحليل الكروماتوغرافي الغازي GC للزيت العطري المستخلص من أوراق الزعتر البري ، والذي يظهر قمم المكونات الرئيسية في الزيت.



الشكل رقم (3): الكروماتوغرام الناتج لدى إجراء التحليل الكروماتوغرافي الغازي GC للزيت العطري لأوراق الزعتر البري

4. 2. 1. دراسة التأثير المضاد الفطري للزيت العطري المستخلص من أوراق الزعتر البري على وسط صلب:

أوضحت نتائج الدراسة المخبرية التطبيقية لزيت الزعتر العطري فعالية قوية تجاه سلالتين من أشد السلالات الفطرية مقاومة تجاه المضادات الفطرية المطبقة للعلاج والمسببة لطيف واسع من الإنتانات المشفوية المكتسبة من البيئة المحيطة محلياً، حيث كانت أعطت نتائج أقطار هالات التثبيط في حال المُبيضة البيضاء *Candida albicans* وبتراكيز (100%، 50%) فعالية تثبيط كاملة بدون أي نمو فطري، وكانت الفعالية شبه تامة وبأقطار هالات 75-90 mm عند التراكيز (5-10%) (الشكل رقم 3). وكانت الفعالية تجاه الرشاشية الدخاء *Aspergillus fumigatus* كبيرة وذلك بالاعتماد على أقطار هالات التثبيط التي تراوحت بين (30-80mm) عند تراكيز تراوحت بين (25-100%)

(الشكل رقم 4). تتفق نتائج هذه الدراسة وبالمقارنة مع نتائج اختبارات التحسس نجد أن كل من المبيضات والرشاشيات أبدت مقاومة شبه تامة تجاه المضادين الفطرين شائعي الاستعمال في علاج العدوى الإنتانية الفطرية (Fluconazole, Amphotericin B)، . حيث تعد هذه الفطور من الفطور التي من الممكن أن تشكل الفلم الحيوي biofilm و الذي يعد شكل من أشكال المقاومة و يطيل زمن العلاج [19] ، الجدول (3و4) و (الشكل رقم 5).

الجدول رقم (3): يوضح الجدول أقطار هالات التثبيط للبخاخ المركب عند التطبيق على وسط صلب ضد كل السلالتين

الفطريتين المبيضة البيضاء *C. albican* والرشاشية الدخناء *A. fumigatus*

Fungal strain	100%	50%	25%	10%	5%
<i>Candida albicans</i>	عدم نمو	عدم نمو	95mm	90mm	75mm
<i>Aspergillus fumigatus</i>	80mm	80mm	60mm	35mm	30mm



الشكل رقم (3): يوضح الشكل نتائج اختبار فعالية زيت الزعتر العطري بتركيزات مختلفة (5-10-25-50-100%) على وسط صلب تجاه سلالة المبيضة البيضاء الفطرية المعزولة سريريا.



الشكل (4): يوضح الشكل نتائج اختبار فعالية زيت الزعتر العطري بتركيزات مختلفة (25-50-100%) على وسط صلب تجاه سلالة الرشاشية الدخناء الفطرية المعزولة سريريا.

الجدول (4): يوضح الجدول أقطار هالات التثبيط لكل من المضادات الفطرية fluconazole و Amphotericin B عند التطبيق على وسط صلب ضد كل من السلالتين الفطريتين المبيضّة البيضاء *C. albican* والرّشاشيّة الدّخّاء *A. fumigatus*

Fungal strain	Fluconazole	Amphotericin B
<i>Candida albicans</i>	14mm	10mm
<i>Aspergillus fumigatus</i>	عدم نمو	10mm



Candida albicans



Aspergillus fumigatus

الشكل رقم (5): يوضح الشكل نتائج حساسية السلالات الفطرية (المبيضّة البيضاء و الرشاشية الدخّاء) ضد Fluconazole و Amphotericin B

4. 2. 2. اتركيز المثبط الأدنى (minimum inhibitory concentration) MIC ضد السلالات الفطرية :
تقييم الفعالية النوعية المضادة للفطور ضد كل من السلالتين الفطريتين التابعتين إلى النوعين المبيضّة البيضاء *C. albican* والرّشاشيّة الدّخّاء *A. fumigatus* على وسط مرق سابورو ديستروز السائل. حيث تم تحضير سلسلة من التركيز المتدرجة للزيت (100، 50، 25، 12.5، 6.25، 3.125، 1.56 و 0 ميكروليتر / مل). تم تحديد التركيز المثبط الأدنى بعد 24 ساعة من الحضان بدرجة حرارة 37 درجة مئوية. باستعمال مقايصة alamar blue [8]. و كان التركيز المثبط الأدنى تجاه كل من السلالتين الفطريتين المدروستين المبيضّة البيضاء *C. albicans* والرّشاشيّة الدّخّاء *A. fumigatus* هو (1.5 ميكروليتر / مل). و في دراسة أخرى أجريت لتقييم فعالية زيت الزعتر العطري على مجموعة من السلالات الفطرية غير المقاومة ، كان التركيز المثبط الأدنى MIC (0.031 ميكروغرام / مل) ضد سلالة *Aspergillus fumigatus* ، حيث من الملاحظ أن هذه التراكيز أقل من التراكيز التي حصلنا عليها في الدراسة، و من الممكن أن يعزى ذلك إلى فوعة السلالات المدروسة و مقاومتها على المضادات الفطرية. كما أظهرت دراسة أخرى على زيت الزعتر العطري فعالية ضد فطور أخرى مثل الرّشاشيّة السوداء

Aspergillus niger والرَّشَّاشِيَّةُ الصَّفْرَاءُ *Aspergillus flavus* [20,21] يعود التأثير المضاد الفطري في زيت الزعتر العطري إلى المكونين الفعالين الرئيسيين التيمول و الكارفكرول [22]. تعود آلية التأثير المضادة للفطور للزيوت العطرية إلى قدرة مكونات الزيوت العطرية هذه على تحطيم الجدر البلاسمية للخلايا ، و هذا يزيد من نفوذية الجدار و يخرب البروتينات الغشائية، يثبط عملية التنفس، يؤدي إلى تبدلات في عملية نقل الحديد، و يحرض تَسْرُبُ الشوارد و المكونات الخلوية الأخرى [23].

5. الاستنتاجات:

إن نسبة الزيت العطري لأوراق الزعتر البري المستخلصة بوساطة التقطير ببخار الماء تساوي 1.5% من وزن الأوراق الجافة.

من خلال النسب المئوية للمكونات الرئيسية للزيت العطري لأوراق الزعتر البري نجد أن التيمول هو المكون الرئيسي في الزيت والذي بلغت نسبته فيه 68.36 % بينما بلغت نسبة الباراسيمين 8.71% والـ γ -ترينين 6.31% والكارفاكرول 2.32% والتيمول أسيئات 1.85%.

أظهرت دراسة التأثير المضاد الفطري للزيت العطري لأوراق الزعتر البري فعالية ملحوظة تجاه السلالتين الفطريتين فطور المُبْيَضَّةُ البيضاء *Candida albicans* و الرَّشَّاشِيَّةُ الدُّخْنَاءُ *Aspergillus fumigatus* المعزولة سريرياً ، و المقاومة على عدد من المضادات الفطرية . و كانت قيم التركيز المثبط الأدنى تجاه كل من السلالتين (1.5 ميكروليتر ١ مل).

6. التوصيات:

1. يُوصى بإجراء دراسات إضافية لتقييم فعالية الزيت العطري الأساسي للزعتر البري ضد سلالات فطرية أخرى متغيرة ومقاومة، لتعزيز فهم نطاق تأثيره المضاد للفطريات.
2. يُفضل إجراء دراسات السمية الخلوية (cytotoxicity) لتقييم سلامة استخدام الزيت وتأثيره على الخلايا الحية، خصوصاً قبل الانتقال إلى تطبيقات علاجية محتملة.
3. ضرورة إجراء دراسات فيزيولوجية وحيوية داخل الجسم الحي (*in vivo*) لمعرفة الفعالية والأمنية للزيت العطري في الظروف الحقيقية للكائنات الحية.
4. اقتراح تحليل المستخلصات غير الزيتية وتقييم تركيبات الزيت العطري ومكوناته الكيميائية بشكل منفصل لدراسة مساهمة كل مركب في النشاط المضاد للفطريات.
5. توصية بتحسين طرق الاستخلاص والتوحيد بين تراكيز الزيت المستخدمة لتسهيل المقارنات بين الدراسات المختلفة.
6. التشديد على أهمية دراسة آلية تأثير الزيت عند المستويات الجزيئية لمعرفة كيفية تعامله مع الخلايا الفطرية ومقاومة المضادات الحيوية.
7. الدعوة إلى استكشاف الاستخدامات التطبيقية المحتملة للزيت في المجالات الطبية والزراعية كبديل أو مساعد للعلاج المضاد للفطريات.

المراجع:

- 1- حسن آغا محمد عصام ؛ الشماع عصام ؛ النوري محمد سمير ، 2017 ، " العقاقير وكيمياء العقاقير " ، منشورات جامعة دمشق.
- 2- الورع حسان، 1997، " النباتات الطبية والعطرية " ، منشورات جامعة حلب.
- 3- سالم مختار، 1987، " أعشاب لكنها دواء " ، دار المريخ للنشر ؛ الرياض.
- 4- مندي جلال، الناصر زكريا، عبد النبي ناصر جليل، 2022، " التركيب الكيميائي للزيت الأساسي لنبات الزعتر السوري *Thymus syriacus* وفعالية المستخلص على خصوبة و تشوه حشرة ذبابة ثمار الزيتون " ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 38: 1-19.
- 5 - أحمد صالح دهيمش ، 1997 ، " مفردات النباتات الطبية وطرائق المعالجة بها (الجزء الأول) " ، دار البتراء ؛ عمان.
- 6- بدر محمد بدر سليمان، سالم مصباح خليفة النعاس، "الكشف النوعي عن بعض المركبات الفعالة في المستخلص المائي لنبات الزعتر *Thymus capticus* وتأثيره التثبيطي على نمو نوعين من البكتيريا الممرضة للإنسان"، المجلة الأفروأسيوية للبحث العلمي، 3: 221-231.
- الحسن شبانه، 2016، " كتاب النباتات لصحة الفم والأسنان " ، مكتبة نور (مكتبة إلكترونية رقمية للكتب).
- 7- دهان محمد، 1992 ، " تكنولوجيا الزيوت " ، منشورات جامعة حلب.
- 8- جهاد قزح.(2000). أسباب الوفيات والعوامل المؤثرة بها عند حديثي الولادة في شعبة العناية بالوليد والخديج في مشفى الأطفال جامعة دمشق، مجلة جامعة دمشق المجلد السادس عشر، 2، 34-45.
- 9- Huet, R. , (1991) " Les Huilles essentielles d'agrumes" ،Fruits , 46(5):55-1576.
- 10- Choi, H.S., Sawamura, M., & Kondo, Y. (2002). Characterization of the Key Aroma Compounds of Citrus flaviculpus Hort. ex Tanaka by aroma extraction dilution analysis. Journal of Food Science, 67(5), 1713-1718.
- 11- Felix D. ; Melle. J. P. ; Routaun Boka, 1997 , " Handbook of plant and fungal toxicants", New-York. CRC-Press.
- 12- Miething, H., & Seger, V. (1989). Separation of non-polar compounds by droplet counter-current chromatography. J. Chromatographia, 478(2), 433-437.
- 13- Wallis T. E. , 1991 , " Textbook of pharmacognosy" , Delhi-India.
- 14- Trimen. H ; Bentley. R , (1992) , " Medicinal plants " , Allied Book center, Dehradun India, Delhi.
- 15- Wagner H. ; Bladt S. , 1996 , " Plant drug analysis " springer– verlag , Berli-Heidelberg
- 16- Carlos M Gomes, Meriem T, Judith S, Mirko B, Amélia M Silva, Fernando M Nunes.(2018). Chemical characterization and bioactive properties of

- decoctions and hydroethanolic extracts of *Thymus carnosus* Boiss, *Journal of Functional Foods*,43: 154-164.
- 17- Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H., & Weis, N. (2011). Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oil Components. *Journal of Essential Oil Research*, 1, 119–128
 - 18- Angane, M.; Swift, S.; Huang, K.; Butts, C.A.; Quek, S.Y.(2022). Essential Oils and Their Major Components: An Updated Review on Antimicrobial Activities, Mechanism of Action and Their Potential Application in the Food Industry. *Foods*, 11, 464.
 - 19- Costa-de-Oliveira, S.; Rodrigues, A.G.(2020). *Candida albicans* Antifungal Resistance and Tolerance in Bloodstream Infections: The Triad Yeast-Host-Antifungal. *Microorganisms* , 8, 154.
 - 20- Moghtader M. (2010). antifungal effects of the essential oil from *thymus vulgaris* L. and compassion with synthetic thymol on *Aspergillus niger* . *journal of yeast and fungal research*, 3(6), 83-88.
 - 21- Daniella RH, Otilia C, Georgeta P. (2016). Antifungal action of the Thyme (*Thymus vulgaris*) oil on some mycotoxycogenous fungi *Aspergillus flavus* link. And *fusarium graminearum schw.L.* *Research journal of agricultural science* , 48 (4), 45-67.
 - 22- Kontoyiannis DP, Bodey GP, Mantzoros CS.(2001). Fluconazole vs. amphotericin B for the management of candidaemia in adults: a meta-analysis. *Mycoses*,44: 56-98
 - 23- Borugă O, Jianu C, Mișcă C, Goleț I, Gruia AT, Horhat FG. (2014).Thymus vulgaris essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Medicine and Life*,7:56-60.
 - 24- Battah B., Chemi G., Butini S., Campiani G., Brogi S., Delogu G and Gemma S.(2019). A Repurposing Approach for Uncovering the Anti-Tubercular Activity of FDA-Approved Drugs with Potential Multi-Targeting Profiles. *Molecule*,24,23
 - 25- Berkow EL, Lockhart SR, Ostrosky-Zeichner L (2020). Antifungal Susceptibility Testing: Current Approaches. *Clin Microbiol* 33(3):19-69.
 - 26-Cebi, N.; Erarslan, A (2023). Determination of the Antifungal, Antibacterial Activity and Volatile Compound Composition of *citrus bergamia* Peel Essential Oil. *Food* 12 :203-220.

دراسة تأثير سمك طبقة التغطية على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المعرضة للهب النار المباشر.

م. محمد نور العمر¹ د.م. منيب العلاف² د.م. عصام ملحم³

(الإيداع: 10 كانون الأول 2025، القبول: 22 كانون الثاني 2026)

الملخص:

تُعد دراسة أداء الجوائز البيتونية المسلحة تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة من الجوانب الحيوية لتقييم سلوك العناصر الإنشائية في ظروف الحريق. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير الحريق المباشر على سلوك الجوائز المسلحة، مع التركيز على دور طبقة التغطية الخرسانية كعامل مؤثر في مقاومة الحرارة. تم إعداد سبع جوائز بيتونية مسلحة موزعة على ثلاث مجموعات تجريبية، وفق المتغيرين الأساسيين: سماكة طبقة التغطية والتعرض للحريق. تضمنت المجموعة الأولى ثلاث جوائز بسمك تغطية 25mm غير معرضة للحريق، بينما شملت المجموعة الثانية جائزتين بنفس السماكة تعرضتا للهب النار المباشر لمدة ساعة واحدة. أما المجموعة الثالثة، فتضمنت جائزتين بسمك تغطية 40mm تعرضتا أيضاً للهب النار المباشر لمدة ساعة. خلال الاختبار، تم تعريض الجوائز للهب النيران المباشرة دون استخدام أي وسيلة تبريد، وتم قياس درجات الحرارة كل خمس دقائق باستخدام جهاز قياس ليزري. بعد انتهاء الحريق، تم تطبيق التحميل مباشرة على الجوائز لدراسة سلوكها الإنشائي و نظراً لعدم توفر عينات مرجعية خاصة بالمجموعة الثالثة (Cover = 40 mm)، فقد تم اعتماد المجموعة الأولى (العينات غير المعرضة للحريق) كمرجع أساسي للمقارنة بين المجموعات. ويعود ذلك إلى أن جميع العينات صُنعت من نفس الخلطة الخرسانية ونفس أبعاد المقطع العرضي ونفس نوعية التسليح، مما يجعل المجموعة الأولى مرجعاً مناسباً لقياس تأثير كل من الحريق وسمك طبقة التغطية على السلوك الإنشائي للجوائز. كما تم توضيح هذا القيد ضمن حدود الدراسة نظراً لعدم إمكانية تنفيذ عينات مرجعية إضافية للمجموعة الثالثة. تم تحليل النتائج من خلال منحنيات بيانية توضح العلاقة بين (الحمولة -الانتقال، الحمولة -إجهادات الشد، الحمولة - إجهادات الضغط، منحنيات السجلات الأعظمية للحرارة مع الزمن) وقد تم استخلاص النتائج بناءً على السلوك الإنشائي للجوائز تحت ظروف الحريق، تم تسجيل انخفاض بنسبة 9.1% في قدرة التحمل على الانعطاف للجوائز الخرسانية المسلحة ذات غطاء خرساني بسمك 25mm بعد الحريق، وزيادة السماكة إلى 40mm رفعت قوة الانهيار بنسبة 4.9%، كما تضاعفت الانتقالات بنسبة 100.7% بعد الحريق للعناصر ذات غطاء 25mm مما يدل على ضعف البنية الداخلية، بينما خفّضت زيادة السماكة إلى 40mm هذه الانتقالات بنسبة 85.73%، مما يساهم في فهم تأثير طبقة التغطية الخرسانية على مقاومة الجوائز المسلحة للحرارة المرتفعة، ويعزز من تصميم العناصر الإنشائية في حالات الطوارئ الحرارية.

الكلمات مفتاحية: طبقة التغطية-الحرائق-خصائص ميكانيكية-الجوائز البيتونية -زمن التعرض للنار.

¹ طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة حمص- سوريا

² أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة حمص- حمص- سوريا

³ مدرس في قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة حمص- حمص- سوريا

A Study on the Effect of Concrete Cover Thickness on the Behavior of Reinforced Concrete Beams Exposed to Direct Fire Flame

Eng. Mohammed Nour Alomar¹ Dr. Eng. Muneeb Alallaf² Dr. Eng. Issam Melhem³
(Received: 10 December 2025, Accepted: 22 January 2026)

ABSTRACT

The structural performance of reinforced concrete beams under elevated temperatures is a critical aspect in evaluating the behavior of structural elements during fire conditions. This study aims to investigate the effect of direct fire exposure on the behavior of reinforced concrete beams, with particular emphasis on the role of concrete cover thickness as a key factor influencing thermal resistance. Seven reinforced concrete beams were prepared and divided into three experimental groups based on two primary variables: concrete cover thickness and exposure to fire. The first group consisted of three beams with a 25 mm concrete cover that were not exposed to fire. The second group included two beams with the same cover thickness, subjected to direct flame exposure for one hour. The third group consisted of two beams with a 40 mm concrete cover, also exposed to direct flame for one hour. During testing, the beams were exposed to direct flames without any cooling intervention, and temperatures were recorded every five minutes using a laser-based infrared thermometer. Immediately after fire exposure, mechanical loading was applied to the beams to assess their structural behavior. Due to the absence of dedicated reference specimens for the third group (cover = 40 mm), the first group (unexposed specimens) was adopted as the primary reference for comparison. This approach is justified by the fact that all beams were cast using the same concrete mix, identical cross-sectional dimensions, and the same reinforcement configuration, making the first group a suitable baseline for evaluating the combined effects of fire exposure and concrete cover thickness. This limitation was explicitly stated within the study's boundary conditions, as producing additional reference specimens for the third group was not feasible. The results were analyzed using graphical relationships illustrating load–deflection behavior, load–tensile strain, load–compressive strain, and maximum recorded temperatures over time. Based on the structural response of the beams under fire conditions, a 9.1% reduction in flexural load capacity was observed for beams with a 25 mm concrete cover after fire exposure. Increasing the cover thickness to 40 mm resulted in a 4.9% increase in ultimate load capacity. Additionally, deflections doubled (100.7% increase) after fire exposure for beams with a 25 mm cover, indicating significant internal degradation, whereas increasing the cover to 40 mm reduced these deflections by 85.73%. These findings contribute to a deeper understanding of the influence of concrete cover thickness on the fire resistance of reinforced concrete beams and support improved structural design considerations for elements subjected to thermal emergency conditions.

Keywords: Concrete Cover – Fire Exposure – Mechanical Properties – Reinforced Concrete Beams – Fire Duration

¹ Ph.D. Graduate Student in the Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Homs, Syria

² Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.

³ Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.

1- مقدمة البحث:

يُعد تقييم أداء الجوائز البيتونية المسلحة تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة من القضايا الحيوية في مجال الهندسة الإنشائية، لا سيما عند دراسة سلوك العناصر الإنشائية أثناء تعرضها للحرائق. فقد شهدت السنوات الأخيرة العديد من الحوادث التي ألحقت أضراراً جسيمة بالمنشآت الخرسانية نتيجة التعرض للنيران، مما يجعل دراسة تأثير الحريق على هذه العناصر أمراً بالغ الأهمية.

في هذا السياق، تم إجراء دراسة تجريبية في مخبر كلية الهندسة المدنية بجامعة البعث - حمص، بهدف تحليل تأثير الحريق المباشر على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة، مع التركيز على متغيرين رئيسيين: سماكة طبقة التغطية الخرسانية ومدة التعرض للهب النار المباشر. تم صب سبع جوائز خرسانية مسلحة موزعة على ثلاث مجموعات وفق السماكتين المعتمدتين (25,40)mm.

- المجموعة الأولى: ثلاث جوائز بسمك تغطية 25mm غير معرضة للحريق، استخدمت كمرجع لتحديد حمولة الانهيار.
- المجموعة الثانية: جائزان بسمك تغطية 25mm، تم تحميلهما مسبقاً بنسبة تقارب 60% من الحمولة المرجعية أي كحمولة استثمارية تحاكي الواقع، ثم تعرضتا للهب النار المباشر لمدة ساعة.

- المجموعة الثالثة: جائزان بسمك تغطية 40mm، بنفس ظروف التحميل للمجموعة الثانية.
تم تصميم الخلطة البيتونية بحيث تحقق مقاومة مميزة متوسطة قدرها 29.81Mpa بعد 28 يوماً. وخلال الاختبار، تم تعريض الجوائز للهب النار المباشر دون استخدام أي وسيلة تبريد، ثم خضعت لتحميل مركز حتى الانهيار.
تم تسجيل البيانات المتعلقة بـ: (علاقة الحمولة-الانتقال، الحمولة الأعظمية -تشوه الليف المشدود، الحمولة - تشوه الليف المضغوط). وأشكال نماذج الانهيار، واستخلصت النتائج وفقاً لنتائج الاختبار.

2 - تجارب وآراء الباحثين:

في السنوات الأخيرة، شهدت تقنيات إنتاج البيتون تطوراً ملحوظاً، مما أتاح إمكانية تصنيع أنواع متعددة من الخرسانة، بما في ذلك الخرسانة عالية المقاومة وما فوق العالية. وقد ركزت العديد من الدراسات على سلوك هذه الأنواع المتقدمة عند التعرض للحرارة المرتفعة، خاصة من حيث قابلية التشظي والانهيار المفاجئ.

ومع ذلك، فإن الخرسانة المستخدمة في هذه الدراسة هي خرسانة تقليدية ذات مقاومة متوسطة، وليست من النوع عالي المقاومة. لذلك، فإن نتائج هذا البحث لا تتعلق بسلوك الخرسانة عالية المقاومة، بل تهدف إلى فهم تأثير الحريق المباشر على الجوائز البيتونية المسلحة المصنوعة من خرسانة عادية، وهي الأكثر شيوعاً في التطبيقات الإنشائية المحلية. وبخلاف الخرسانة عالية المقاومة التي تُظهر قابلية أكبر للتشظي نتيجة لانخفاض نفاذيتها واحتباس الرطوبة الداخلية، فإن الخرسانة العادية تُظهر سلوكاً مختلفاً وأكثر استقراراً نسبياً عند التعرض للحرارة، مما يجعلها مناسبة للدراسة ضمن ظروف واقعية أكثر شيوعاً في المنشآت المحلية. تهدف هذه الدراسة إلى توثيق هذا السلوك وتحليل تأثير متغيري سماكة طبقة التغطية وزمن التعرض للحريق على الخصائص الميكانيكية للجوائز المسلحة، بما في ذلك التشوهات، الإجهادات، وانتشار الشقوق.

2-1-الأبحاث والدراسات المنجزة حول الحريق على الخرسانة المسلحة:

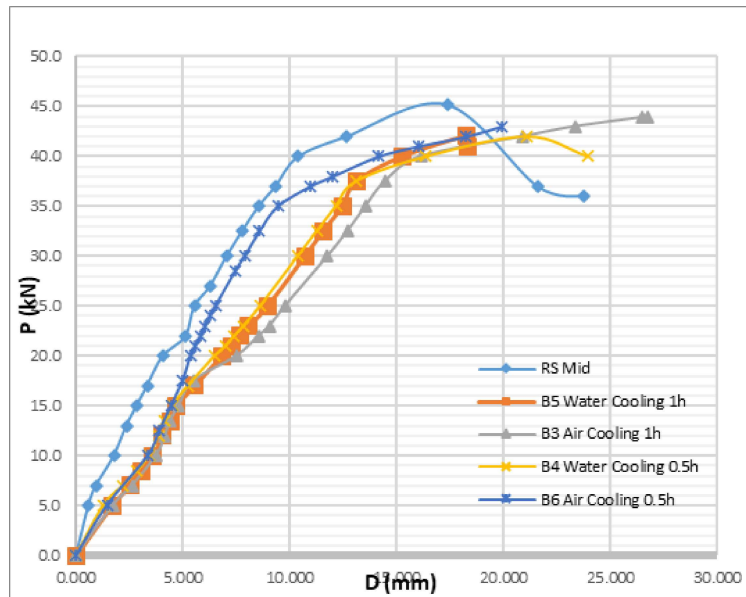
2-1-1-السلوك الإنشائي للجوائز البيتونية المسلحة المعرضة للهب النار المباشر[1]:

• في دراسة أجريت في مخابر كلية الهندسة المدنية بجامعة حمص، تم تصنيع جوائز باستخدام البيتون التقليدي وإخضاعها للهب نار يولده نظام خاص، عن طريق شلمون حراري يعمل باستخدام الغاز المنزلي البيوتان "الغاز البترولي المسال" لإنتاج الطاقة. كان هذا النظام موضوعاً في حيز خاص لإجراء هذا النوع من التجارب.

تم إنتاج ست عينات من الجوائز البيتونية المسلحة باستخدام البيتون التقليدي بغير إسمنت 550 كغ/م³. تم كسر عيّنتين مرجعيتين لدراسة الخصائص الميكانيكية وتمثيل منحنيات القوة-الانتقال ($P-\Delta$) كما هو موضح بالشكل (1). ثم أخضعت العينات المتبقية للهب النار لمدتين زمنيّتين نصف ساعة وساعة (0.5 ساعة، 1 ساعة)، باستخدام طريقتين للتبريد: التبريد التدريجي بالهواء والتبريد المفاجئ باستخدام المياه. بعد ذلك، أُجريت مقارنة سلوكية بينها وبين العينات المرجعية.

- النتائج:

- 1-انتقالات الجوائز: بينت النتائج زيادة في قيم انتقالات الجوائز البيتونية بحالتي التبريد.
- 2-انخفاض المقاومة:
• بحالة التبريد التدريجي: انخفضت قيمة المقاومة حتى 2.48% للعينات المعرضة لمدة نصف ساعة، وحتى 5.23% للعينات المعرضة لمدة ساعة.
• بحالة التبريد المفاجئ: انخفضت قيمة المقاومة حتى 7.7% للعينات المعرضة لمدة نصف ساعة، وحتى 7.74% للعينات المعرضة لمدة ساعة.
- 3-تغيير سلوك المادة: أظهرت التجربة تغييراً في سلوك المادة على حدود الاستثمار، حيث زادت قيم السهوم وسطياً حتى 34.66% عند التعرض للهب لمدة نصف ساعة، وحتى 52.7% عند التعرض لمدة ساعة.



الشكل رقم (1) : مخطط (القوة - الانتقال) للعينات المختبرة [1]

2-1-2- أداء الحريق للركام الخرساني المعاد تدويره والخواص الميكانيكية في درجات حرارة مرتفعة [2]:

- في هذه التجربة، تمت دراسة 17 عينة من الركام المعاد تدويره، مع أخذ متغيرات مختلفة في الاعتبار، وهي نسبة الركام المعاد تدويره بنسب متفاوتة (0%، 30%، 100%). كما تم أخذ تأثير درجة الحرارة في الحسبان، حيث تم تثبيت درجة الحرارة مرة عند درجة الحرارة الطبيعية 20 درجة مئوية، ومرة أخرى عند درجة حرارة تزيد عن 500 درجة مئوية ناتجة عن تأثير لهب النار. في هذه الدراسة، تم اعتماد الحالة المستقرة لحرارة بدلاً من الحالة المتزامنة مع تطبيق الحمولة (الحرارة أثناء الحمل).

مواصفات الجوائز المختبرة

يبين الجدول (1) مواصفات الجوائز المختبرة للمجموعتين. يشمل الجدول تفاصيل مثل نسبة الركام المعاد تدويره، درجات الحرارة المستخدمة، والطريقة المتبعة في التجارب.

الجدول رقم (1): المواصفات الميكانيكية للعينات المختبرة في هذه التجربة

Test #	Coarse RCA (% by mass)	Tested temperature (°C)	Test type	f'_c (MPa)	E (MPa)	ν	ϵ_c	ϵ_t (°C)
1	0	20	Ambient strength	43.3	21,100	0.16	0.004	–
2	0	20	Ambient strength	43.4	23,800	0.25	0.006	–
3	0	20	Ambient strength	44.0	22,000	0.17	0.008	–
4	0	500	Elevated temperature strength	40.0	9400	0.31	0.010	7.3E-06
5	0	500	Elevated temperature strength	39.8	10,800	0.36	0.011	4.9E-06
6	0	> 500	Unloaded but heated	–	–	–	–	–
7	30	20	Ambient strength	45.1	21,000	0.23	0.004	–
8	30	20	Ambient strength	47.2	22,700	0.17	0.004	–
9	30	500	Elevated temperature strength	38.2	7300	0.28	0.014	6.9E-06
10	30	500	Elevated temperature strength	39.6	7200	0.25	0.014	6.8E-06
11	30	> 500	Unloaded but heated	–	–	–	–	–
12	100	20	Ambient strength	48.7	19,300	0.19	0.005	–
13	100	20	Ambient strength	47.7	24,400	0.21	0.003	–
14	100	500	Elevated temperature strength	34.6	5500	0.19	0.016	8.1E-06
15	100	500	Elevated temperature strength	35.5	5000	0.15	0.012	7.0E-06
16	100	560	Elevated temperature strength	31.3	5300	0.13	0.014	7.3E-06
17	100	> 500	Unloaded but heated	–	–	–	–	–

• أظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية للخرسانة تأثرت بشكل ملحوظ عند استخدام الركام المعاد تدويره (RCA) تحت تأثير الحرارة العالية. تحديداً، لوحظ انخفاض بنسبة 0.2% في طاقة تحمل المقطع لكل زيادة بنسبة 1% في نسبة RCA عند درجة حرارة 500 درجة مئوية. بالإضافة إلى ذلك، تتأثر نسبة بواسون بحرارة البيئة ونوع الركام المستخدم داخل الخرسانة.

• على سبيل المثال، عند درجة حرارة 500 درجة مئوية، أظهرت الدراسة زيادة في نسبة بواسون تصل إلى 73% في عينات الخرسانة التي تحتوي على الركام الطبيعي، بينما لوحظ انخفاض بنسبة 15% في العينات التي تحتوي فقط على RCA.

• هذه النتائج تشير إلى أن استخدام الركام المعاد تدويره يمكن أن يكون له تأثير كبير على الخصائص الميكانيكية والاستجابة الحرارية للخرسانة، مما يستدعي دراسة أعمق لتقييم الأداء في الظروف العملية المختلفة.

2-1-3- متطلبات طبقة التغطية حسب الكود الأوروبي EN 1992 [3]:

نص الكود الأوروبي EN 1992-1-1 على أن طبقة التغطية الخرسانية (Concrete Cover) يجب أن تحقق ثلاثة متطلبات رئيسية:

– الحماية من التآكل (corrosion protection)

– التحمل الإنشائي (bond strength)

– مقاومة الحريق (fire resistance)

ويُحدد الكود سماكة التغطية الدنيا (minimum nominal cover) بناءً على:

– نوع العنصر الإنشائي

– قطر التسليح

– ظروف التعرض البيئي (exposure class)

- متطلبات مقاومة الحريق (fire resistance class)

على سبيل المثال، للحصول على مقاومة حريق لمدة ساعة واحدة (R60)، يجب أن تكون سماكة التغطية لا تقل عن 30mm إلى 40mm حسب نوع العنصر وموقعه، وفق الجدول 5.8 من EN 1992-1-2. الخلاصة: تبرز الدراسات السابقة أهمية تحليل تأثير الحريق على العناصر الإنشائية، لما يسببه من تغيرات في الخصائص الميكانيكية وسلوك الانفعال للخرسانة المسلحة. ومع ذلك، يُلاحظ أن بعض الأبحاث ركزت على تأثير درجة الحرارة القصوى فقط، دون ربطها بتوزيع الحرارة على ارتفاع المقطع أو بسلوك الخرسانة تحت ظروف تحميل واقعية. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى سدّ جزء من هذا النقص، من خلال تسجيل بيانات حرارية وزمنية دقيقة، وتحليل شامل للسلوك الإنشائي للجوائز الخرسانية المسلحة المصنوعة من خرسانة عادية، بما يعزز فهم تأثير الحريق المباشر على الأداء الإنشائي لهذه العناصر.

3-المواد وطرق البحث:

مما سبق لوجهات نظر الباحثين عن تأثير الحريق على العناصر البيتونية فكان لا بد من عرض أهداف البحث. تم تنفيذ البرنامج التجريبي للتحقيق في الخصائص السلوكية للجوائز البيتونية التي تتعرض للنيران المباشرة وتطبيق الحمولة عليها مباشرة بعد الانتهاء من تطبيق اللهب بدون أي عملية تبريد. وتم اختبار الجوائز بزيادة طردية للحمولات الشاقولية حتى الانهيار. وسجلت العلاقات التي تربط بين الحمولة -الانتقال لكل مرحلة من زيادة الحمولة.

3-المواد وطرق البحث:

3-1-المواد المستخدمة

- الإسمنت: بورتلندي رتبته 42.5.
- الحصويات: حجارة طبيعية مكسرة متوفرة في المقالع السورية ورمل وأكبر قطر للبصص الناعم والخشن المستخدم 20mm. وأجريت اختبارات (التحليل الحبي - النعومة ...) على الرمال والحصى للعينات للتأكد من مطابقتها للمواصفات.
- المياه: كانت المياه المستخدمة لعينات الاختبار مياه الشرب النظيفة.

3-1-1-العينات ووصفها:

تم صب سبع جوائز ويوضح الجدول (2) خصائص الجوائز وأبعادها.

الجدول رقم (2) : يوضح خصائص الجوائز المختبرة وأبعادها

الخصائص	النوع
15.0X20.0Cm	مقطع الجائز العرضي bXh
200Cm	الطول
180Cm	المجاز الفعال الصافي للجائز
0,75%	نسبة التسليح
2Ø12	فولاذ التسليح الرئيسي
5Ø8mm/m	نوع فولاذ الأتاري
بورتلندي عادي	الإسمنت
400Kg/m ³	عيار الإسمنت
Hyperplast ES901	الخلاط المضافة (ملدن)

3-2- طرق البحث

3-2-1- المتغيرات الرئيسية من خلال البرنامج التجريبي:

3-2-1-1- سماكة الغطاء البيتوني:

صببت الجوائز لدراسة العوامل المؤثرة على هذا السلوك. وبسماكة للغطاء البيتوني على التوالي (25,40) mm .

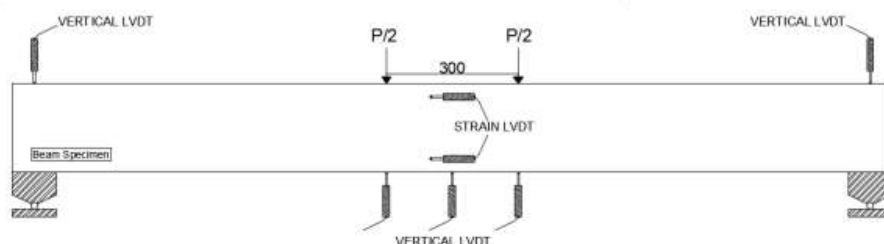
3-2-1-2- التعرض للهب النار:

تمت دراسة نموذجين من الجوائز الخرسانية المسلحة ذات طبقة تغطية بسماكة 25mm، أحدهما كنموذج مرجعي غير معرض للحريق، والآخر تعرض للهب النار المباشر لمدة ساعة واحدة.

تم تنفيذ سيناريو الحريق باستخدام خمسة منابع حرارية موزعة بالتساوي على كامل السطح السفلي للجائز، بحيث يغطي اللهب منطقة الشد السفلية بشكل متجانس قدر الإمكان. وقد تُبُنِتت المنابع على مسافات متساوية على طول الجائز لضمان انتظام التعرض الحراري، مع توجيه اللهب مباشرة نحو السطح السفلي للعينة.

بعد انتهاء مدة التعرض للحريق، جرى الانتقال مباشرة إلى مرحلة الاختبار الميكانيكي دون إجراء أي عملية تبريد للعينات، وذلك بهدف دراسة السلوك الإنشائي للجوائز في الحالة الساخنة مباشرة بعد التعرض للهب.

تم قياس درجة حرارة السطح السفلي لكل عينة قبل بدء التحميل باستخدام جهاز قياس حرارة يعمل بتقنية الأشعة تحت الحمراء، وهو جهاز غير تلامسي يلتقط الإشعاع الحراري المنبعث من سطح الخرسانة ويحوّله إلى قراءة رقمية فورية، مما يتيح توثيق الحالة الحرارية الفعلية للعينة بدقة. كما تم تثبيت حساسات الإزاحة (LVDT) بما يتوافق مع المدى العملي للحساسات، مع الإشارة إلى أن مجال القياس يصل إلى ± 30 إنش (± 0.762 متر)، مما يسمح برصد الحركات الصغيرة والكبيرة ضمن نطاق الاختبار بشكل موثوق.



الشكل رقم (2) : نموذج توزيع المستشعرات LVDT على الجوائز البيتونية المسلحة

3-2-3- مرحلة التحضير والصب:

حضرت الخلطة وصب سبعة جوائز وفق النسب التالية للمتر المكعب كما هو موضح بالجدول (3) وغطيت بالخيش الرطب لأسبوعين، وتركت لأسبوعين لتجف في الهواء بدرجة حرارة المخبر.

الجدول رقم (3): النسب لتحضير المتر المكعب من الخرسانة

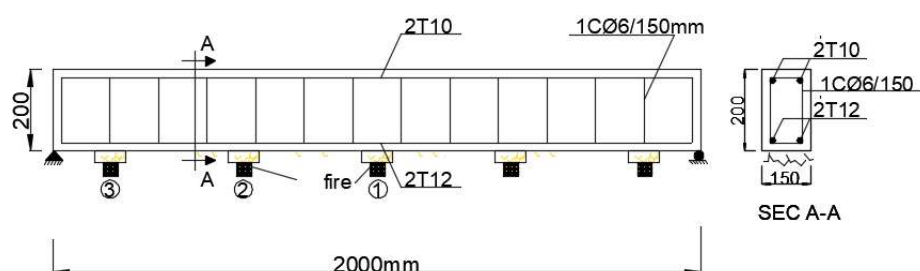
الركام الطبيعي (كغ)	الرمل الطبيعي (كغ)	الملدن (%)	الإسمنت (كغ)	نسبة الماء للإسمنت (W/C)
1175.31	234.02	0.5	400	50%



الشكل رقم (3): الجوائز المصبوبة بمخبر كلية الهندسة المدنية-جامعة حمص

3-2-4- إجراءات الاختبار:

طلبت الجوائز بالكس المطفاً خفيف التركيز لتسهيل مراقبة الشقوق أثناء الاختبار قبل أسبوع من التجارب. وعرضت الجوائز والمكعبات للنار للفترة المطلوبة. يبين الشكل (4) تفاصيل الجوائز (فولاذ التسليح- الأبعاد).



الشكل رقم (4): تفاصيل التسليح والابعاد للجوائز المختبرة

- تم بداية اختبار المجموعة الأولى كعينات مرجعية دون تطبيق الحرارة، كما هو موضح في الشكل (5). أما المجموعتان الثانية والثالثة فقد تم تحميلهما استثنائياً بنسبة 60% من حمولة الانهيار المستخلصة من المجموعة الأولى، كما هو موضح في الشكل (6)، ثم جرى تعريضهما للنار لمدة ساعة. وقد سُجلت درجات الحرارة كل خمس دقائق على كامل ارتفاع المقطع وفي عدة نقاط على طول الجائز كما هو موضح في الشكل (7).

بعد انتهاء التعريض الحراري، خضعت العينات للاختبار الميكانيكي مباشرة دون أي وسيلة تبريد، بهدف تقييم السلوك في الحالة الساخنة. وقد لوحظ أن نمط الانهيار لجميع العينات كان من نوع الانعطاف (Flexural Failure)، مع تشكل مفصلات لدنة في منطقة العزم الأعظمي، وهو ما يتوافق مع طبيعة التحميل وظروف الاختبار.



الشكل رقم (5): شكل انهيار جائز مرجعي من المجموعة الأولى



الشكل رقم (6): التحميل الاستثمائي لعينات المجموعة الثانية والثالثة



الشكل رقم (7): تعرض جوائز المجموعة الثانية والثالثة للحريق

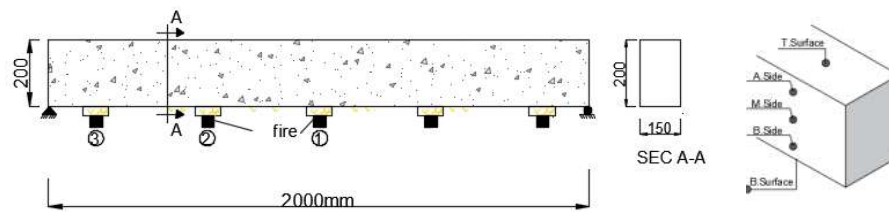
ويبين الشكل (8) شكل التحميل والتشوهات المقاسة بتأثير الحمولات المطبقة. في منتصف الجائز باستخدام مقاييس الاتصال الكهربائية بدقة 0.001mm. وقيست الإجهادات على طول ارتفاع منتصف الجائز، وحددت الشقوق ووضعت علامات على الشقوق بتأثير الحمولات المطبقة.



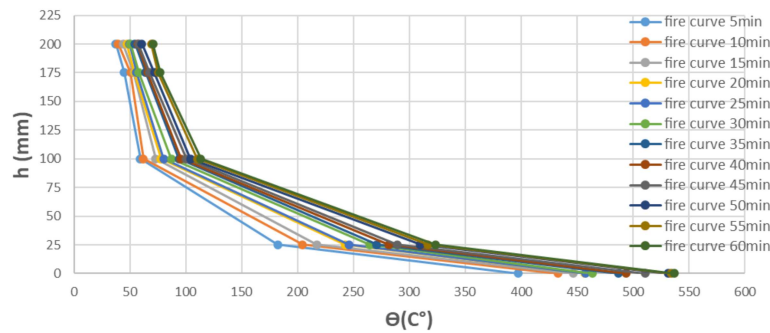
الشكل رقم (8): شكل التحميل للجوائز

4 - اختبار وتحليل النتائج:

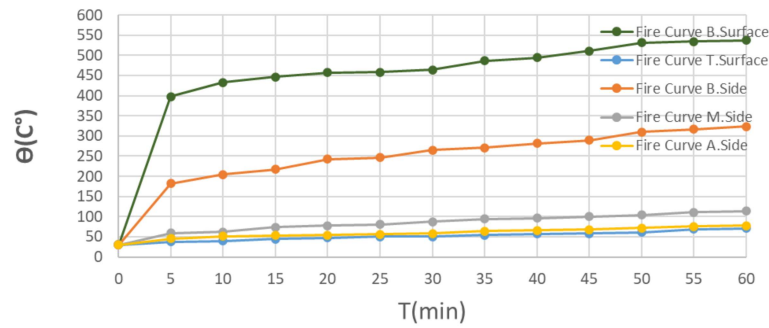
4-1- السجلات الأعظمية لمصادر اللهب للعلاقات $(T-\theta_0)$ و $(h-\theta_0)$ الخاصة بالجوائز:



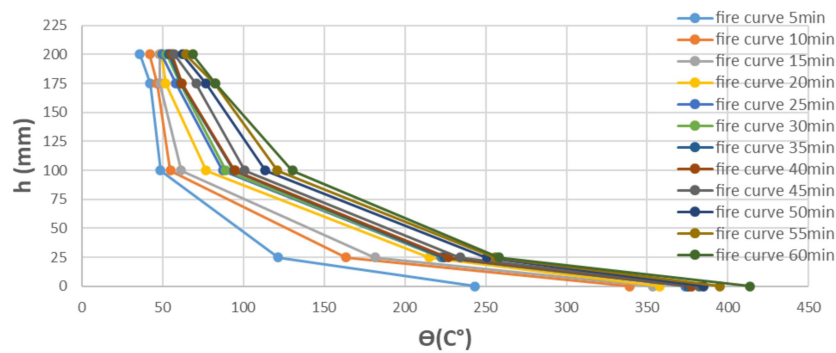
الشكل رقم (9): أماكن تطبيق نظام الحريق على الجوائز وأماكن قياس درجات الحرارة



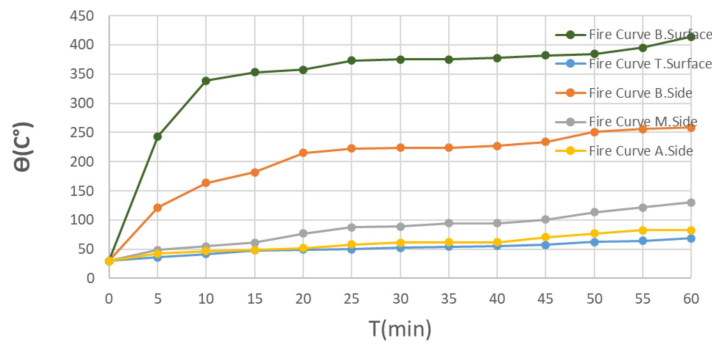
الشكل رقم (10): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الأول للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



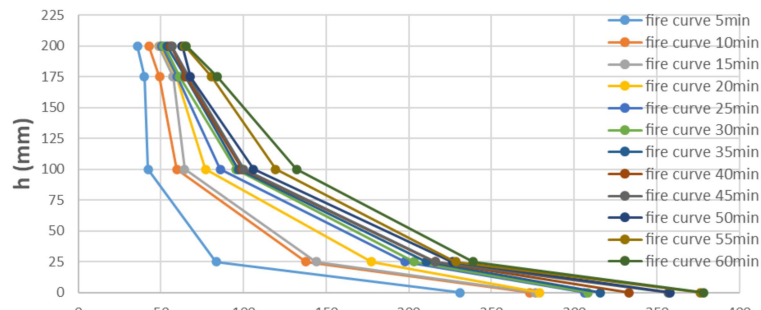
الشكل رقم (11): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الأول للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



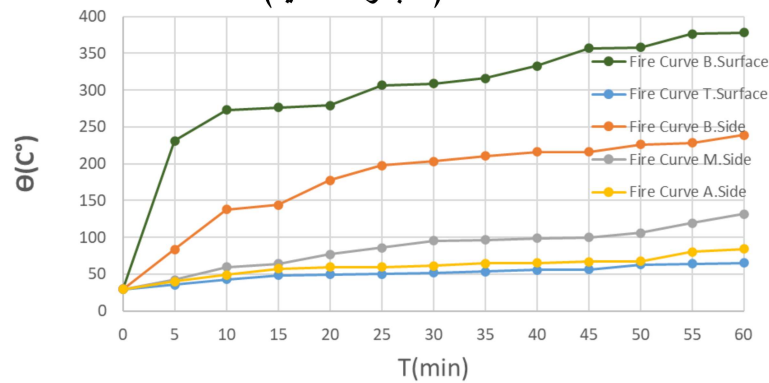
الشكل رقم (12): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثاني للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



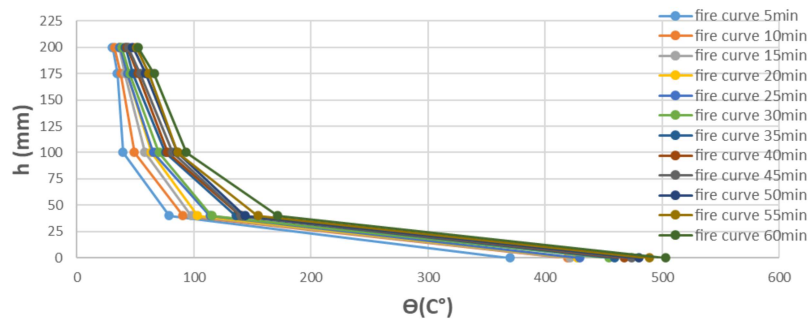
الشكل رقم (13): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثاني للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



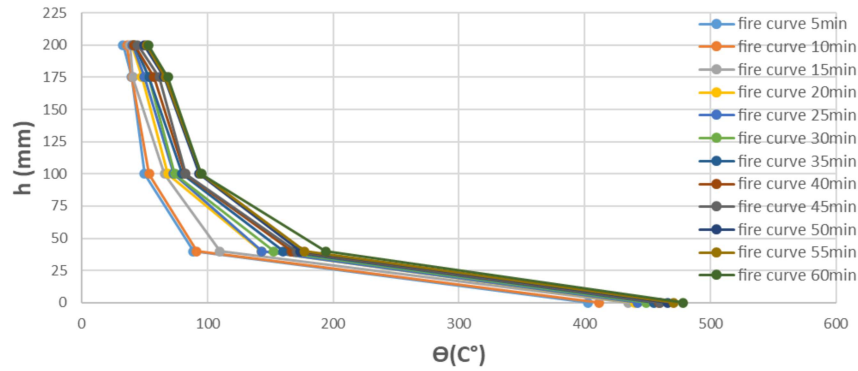
الشكل رقم (14): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثالث للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



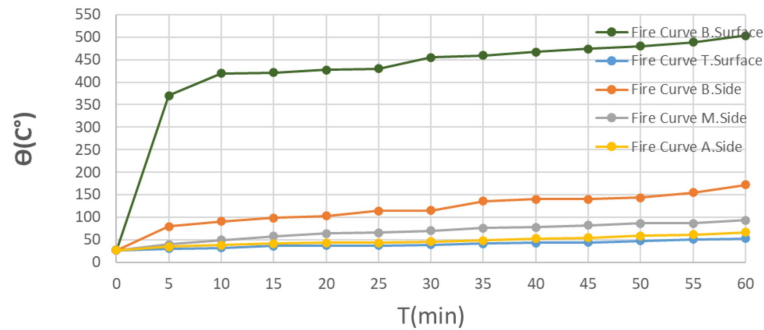
الشكل رقم (15): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثالث للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 25mm (المجموعة الثانية)



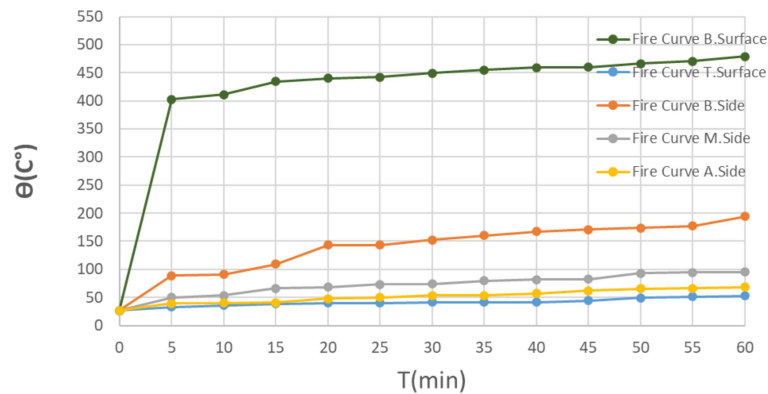
الشكل رقم (16): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الأول للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)



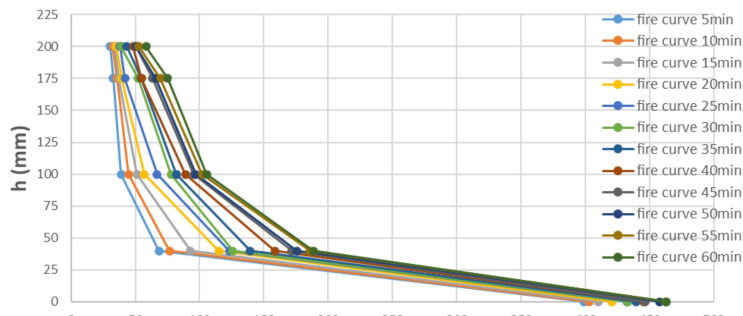
الشكل رقم (17): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الأول للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)



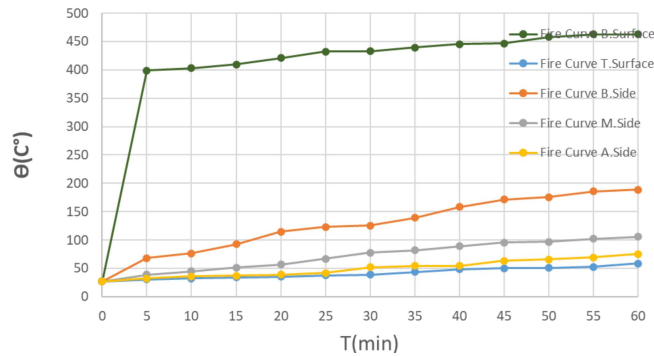
الشكل رقم (18): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثاني للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)



الشكل رقم (19): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثاني للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)



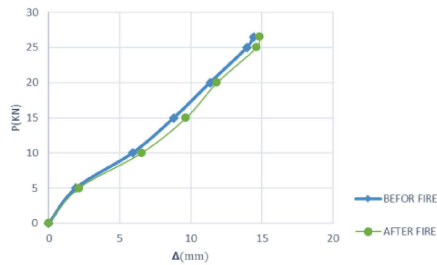
الشكل رقم (20): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثالث للعلاقات $(h-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)



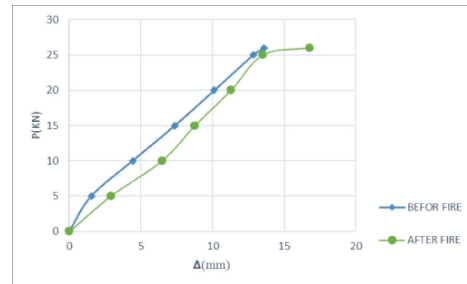
الشكل رقم (21): السجلات الأعظمية لمصدر اللهب الثالث للعلاقات $(T-\theta_0)$ الخاصة بطبقة التغطية 40mm (المجموعة الثالثة)

2-4- قيم منحنى قوة-انتقال (P, Δ) في مرحلة الاستثمار قبل وبعد الحريق:

- الأشكال التالية توضح قيم منحنى قوة-انتقال (P, Δ) لعينات المجموعتين الثانية والثالثة نتيجة التحميل الاستثماري قبل التعرض للهب النار وبعده:



الشكل رقم (22): منحنى قوة-انتقال (P, Δ) لوسطى عينات المجموعة الثانية نتيجة التحميل الاستثماري قبل التعرض للهب النار وبعده



الشكل رقم (23): منحنى قوة-انتقال (P, Δ) لوسطى عينات المجموعة الثالثة نتيجة التحميل الاستثماري قبل التعرض للهب النار وبعده

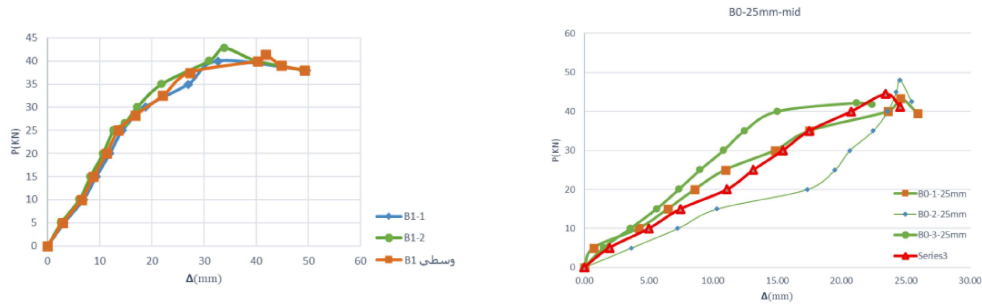
3-4- قيم منحني قوة-انتقال (P, Δ) حتى الانهيار:

يُظهر الجدول (4) القيم التجريبية لحمولات الانهيار والسهم الموافق لكل عينة من المجموعات الثلاث.

الجدول رقم (4): حمولات الانهيار والسهم الأقصى للجوائز قبل وبعد الحريق

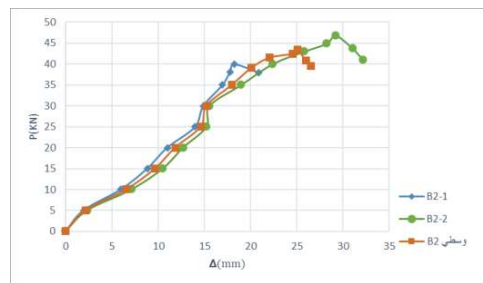
تعرض الجائز للحريق	عدد العينات	طبقة التغطية	رمز الجائز	$P_{max}(Kn)$	$\Delta_{max}(mm)$
بدون حريق	3	25	B1	44.51	24.57
مع حريق	2	25	B2	41.375	49.302
مع حريق	2	40	B3	43.4	26.545

- الأشكال التالية توضح قيم منحني قوة-انتقال (P, Δ) لعينات المجموعة الأولى المرجعية بدون حريق والمجموعتين الثانية والثالثة نتيجة التحميل النهائي بعد التعرض للهب النار:



الشكل رقم (24): منحني قوة-انتقال (P, Δ) الشكل رقم(25): منحني قوة-انتقال (P, Δ)

لعينات المجموعة الأولى (B0) المرجعية لعينات المجموعة الثانية (B1) نتيجة التحميل بعد التعرض للهب النار



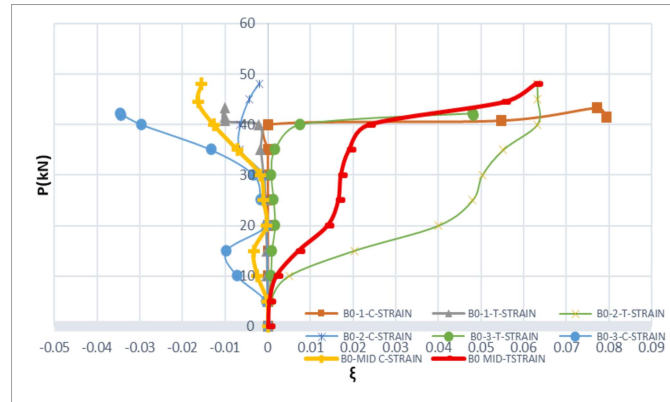
الشكل رقم (26) منحني قوة-انتقال (P, Δ)

لعينات المجموعة الثالثة (B2) نتيجة

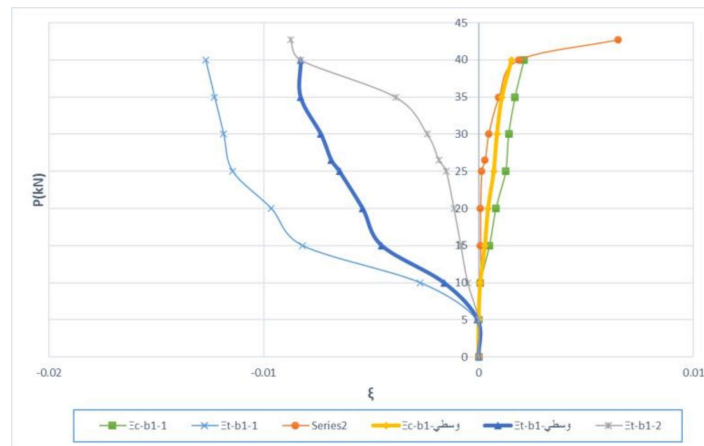
التحميل بعد التعرض للهب النار

4-4- قيم منحنى قوة-تشوه (P, ξ) حتى الانهيار بعد عملية الحريق:

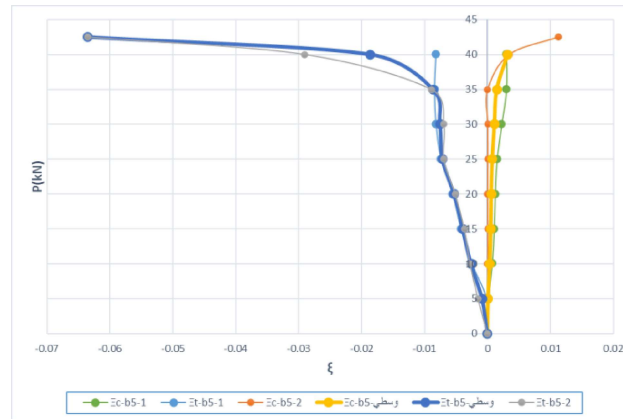
- الأشكال التالية (26-27-28) توضح قيم منحنى قوة-تشوه (P, ξ) لعينات المجموعة الأولى المرجعية بدون حريق والمجموعتين الثانية والثالثة نتيجة التحميل النهائي بعد التعرض للهب النار:



الشكل رقم (27): منحنى قوة-تشوه (P, ξ) لعينات المجموعة الأولى (B0) المرجعية نتيجة التحميل



الشكل رقم (28): منحنى قوة-تشوه (P, ξ) لعينات المجموعة الثانية (B1) نتيجة التحميل بعد التعرض للهب النار



الشكل رقم (29): منحنى قوة-تشوه (ξ ، P) لعينات المجموعة الثالثة (B2) نتيجة التحميل بعد التعرض للهب النار

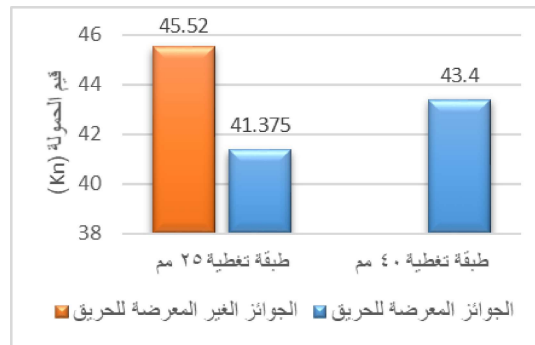
5-4- مناقشة النتائج

4-5-1- تأثير الحريق على حمولة الانهيار:

نلاحظ أن الجوائز المعرضة للحريق تسجل انخفاضاً في حمولة الانهيار مقارنة بتلك غير المعرضة. فعند طبقة تغطية بسماكة 25mm، انخفضت القوة من (45.52 KN) إلى (41.375 KN)، أي بنسبة تقارب 9.1% هذا الانخفاض يعكس تأثير الخصائص الإنشائية للجوائز بفعل درجات الحرارة المرتفعة، مما قد يحد من قدرتها على تحمل الأحمال في ظروف الطوارئ

4-5-2- تأثير سماكة طبقة التغطية على حمولة الانهيار:

عند زيادة طبقة تغطية إلى سماكة 40mm مما تؤثر على الارتفاع الفعال للمقطع وبالتالي على قدرة التحمل، حيث سُجلت حمولة الانهيار لوسطي قيم جوائز المجموعة الأولى المعرضة للحريق بقيمة 43.4 Kn ، وهي أعلى من نظيرتها لوسطي قيم جوائز المجموعة الثانية ذات السماكة 25mm بمقدار 2.025 Kn. هذا يعادل زيادة نسبية تقارب 4.9%، مما يشير إلى أن زيادة سماكة طبقة التغطية قد ساهمت في تحسين مقاومة الجوائز للانهيار تحت تأثير الحريق.



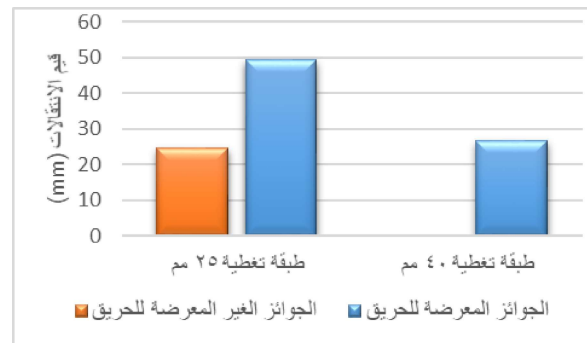
الشكل رقم (30): قيم حمولة الانهيار للجوائز المختبرة

4-5-3- تأثير الحريق على قيمة الانتقال:

- سجلت الطبقة ذات السماكة 25mm زيادة كبيرة في كمية الانتقال عند التعرض للحريق، حيث ارتفعت من 24.57mm إلى 49.302mm، أي بنسبة تقارب 100.7%. هذا يشير إلى أن الحريق أدى إلى ضعف في البنية الداخلية للجوائز، مما سمح بقيم انتقالات بشكل أكبر.

4-5-4- تأثير سماكة طبقة التغطية قيم الانتقال:

عند طبقة تغطية بسماكة 25mm ، سُجلت قيمة الانتقال لوسطي قيم جوائز المجموعة الأولى المعرضة للحريق بقيمة 49.302، وهي أعلى من نظيرتها لوسطي قيم جوائز المجموعة الثانية ذات السماكة 40mm بمقدار 22.757mm. هذا يعادل زيادة نسبية بقيم الانتقال تقارب 85.73%، مما يشير إلى أن زيادة سماكة طبقة التغطية قد ساهمت في زيادة الانتقال للجوائز المعرضة للحريق.



الشكل رقم (31): قيم الانتقال للجوائز المختبرة

4-5-5- مقارنة النتائج التجريبية مع متطلبات الكود الأوروبي EN 1992-1-2 :

أظهرت النتائج أن الجوائز ذات سماكة تغطية 40mm حافظت على خصائص ميكانيكية أفضل بعد التعرض للحريق مقارنةً بالجوائز ذات تغطية 25mm.

هذا يتوافق مع متطلبات الكود الأوروبي EN 1992-1-2 ، الذي يوصي بزيادة سماكة التغطية لتحقيق مقاومة حريق أعلى، حيث أن التغطية تعمل كحاجز حراري يبطئ انتقال الحرارة إلى التسليح.

- يُعد عدد العينات في هذه الدراسة محدودًا (عينتان لكل مجموعة)، وهو عدد لا يسمح بإجراء تحليل إحصائي كامل أو استخلاص علاقات كمية دقيقة بين المتغيرات. وقد فُرض هذا القيد بسبب الإمكانيات المخبرية المتاحة وكلفة تنفيذ

العينات. لذلك تُعد النتائج مؤشرات تجريبية أولية، ويُوصى بزيادة عدد العينات إلى ثلاث عينات على الأقل لكل مجموعة في الدراسات المستقبلية لضمان موثوقية أعلى وإمكانية إجراء تحليل إحصائي شامل.

5- النتائج والتوصيات:

5-1- النتائج المستخرجة من البحث:

1. - يُلاحظ تغير في الخواص الفيزيائية والتركيب الجزيئي لمادة الببتون عند تعرضها للهب النار المباشر، يتمثل ذلك بظاهرة نتح المياه من داخل العنصر، وما يرافقها من أثر مستمر على سطحه الخارجي.
2. يؤدي التعرض للحرارة المباشرة إلى تشكل شقوق حرارية دقيقة على سطح العينة، نتيجة للإجهادات الحرارية الإضافية المتولدة ضمن المقطع الببتوني، مما يساهم في توسع عرض الشقوق الاستثنائية الموجودة مسبقاً.
3. انخفاض في قدرة التحمل على الانعطاف للجوائز الببتونية المسلحة ذات سماكة طبقة تغطية 25mm بنسبة 9.1% بعد تعرضها للحريق.
4. الزيادة بسماكة طبقة التغطية من 25mm إلى 40mm رفعت حمولة الانهيار بنسبة 4.9% بعد الحريق.
5. الانتقالات تضاعفت بنسبة 100.7% بعد الحريق لعناصر بغطاء خرساني 25mm، مما يدل على ضعف البنية الداخلية.
6. الزيادة بسماكة طبقة التغطية من 25mm إلى 40mm خفّضت الانتقالات بعد الحريق بنسبة 85.73%.

5-2- التوصيات:

1. تحليل تأثير أنواع مختلفة من الخرسانة: يُوصى بدراسة تأثير الحريق على خرسانة ذات إضافات معدّلة أو مقاومة حرارية، ومقارنتها بالخرسانة التقليدية.
2. تقييم الأداء طويل الأمد بعد الحريق: يُنصح بإجراء اختبارات لاحقة للعناصر المتعرضة للحريق لتقييم التغيرات الزمنية في الخواص الميكانيكية والفيزيائية.
3. دراسة تأثير التسليح وتوزيعه: يُستحسن تحليل تأثير توزيع قضبان التسليح وقطرها في مقاومة الجوائز للانهيار تحت تأثير الحريق.
4. يُوصى باعتماد سماكة تغطية لا تقل عن 40mm في العناصر المعرضة لاحتمال الحريق، تماشياً مع متطلبات الكود الأوروبي EN 1992-1-2 لمقاومة حريق لمدة ساعة واحدة، وذلك لضمان حماية كافية للتسليح وتقليل فقدان المقاومة.

6-المراجع المستخدمة في البحث:

1. Tawashi, A. "Structural Performance of Self-Compacting Reinforced Concrete Beams (SCC) Subjected to Fire Flame," Master's thesis, Homs University, 2023.
2. - Gales, T. Parker, D. Cree, and M. Green, "Fire performance of sustainable recycled concrete aggregates: Mechanical properties at elevated temperatures and current research needs," Materials and Structures, accepted May 18, 2015

3. – European Committee for Standardization (CEN), EN 1992-1-2: Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design, Brussels, 2004.
4. Sanjayan G., Stocks , L.J. Spalling of high strength silica fume concrete in fire. *ACI Materials Journal* , V. 90, No. 2 , March – April 1993, pp. 170–173.
5. Shirley, S. T. , Burg, R.G. and Fiorato, A. E., Fire Endurance of high strength concrete slabs. *ACI Materials Journal*, V. 85, No. 2 , March – April 1988, pp. 102–108.
6. Kodur, V. K. R., & Banerji, S. (2024). Comparative Fire Behavior of Reinforced Concrete Beams Made of Different Concrete Strengths. *Fire Technology*, 60, 3117–3146. <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01375-x>
7. **Elshorbagy, M., Abdel-Mooty, M., & others. (2020).** The coupled thermal–structural response of RC beams during fire events based on nonlinear numerical simulation. *Engineering Failure Analysis*, 109, 104297.
8. **Alis, B., Yazici, C., & Ozkal, F. M. (2022).** Investigation of Fire Effects on Reinforced Concrete Members via Finite Element Analysis. *ACS Omega*, 7, 26881–26893.
9. **Naser, M. Z., et al. (2022).** Enhancing Fire Resistance of Reinforced Concrete Beams through Sacrificial Reinforcement. *ResearchGate preprint*.
10. **Liu, C., Wu, X., & Du, J. (2026).** Fire Resistance of Steel–Reinforced Concrete Columns: A Review of Ordinary to Ultra–High Performance Concrete. *Buildings*, 16(1), 24.
11. **Zhang, H., & Kodur, V. (2021).** Modeling the Fire Resistance of Reinforced Concrete Beams Exposed to Standard Fire. *Fire Safety Journal*, 122, 103324.

تقييم إمكانات التكافل الصناعي (IS) وفق منهجية تحليل تدفقات المواد والطاقة، حالة الدراسة: مدينة حسياء الصناعية

نُهى أحمد القاموع* د.هيثم شاهين**

(الإيداع: 16 كانون الأول 2025، القبول: 26 كانون الثاني 2026)

الملخص:

من أجل تعزيز كفاءة استخدام الموارد، وتقليل البصمة البيئية بشكل ملموس، وتحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية، يبرز موضوع التكافل الصناعي، الذي يسعى إلى تقديم حلول عملية، وقابلة للتطبيق في القطاعات الصناعية، كالمدينة الصناعية في حسياء، والمناطق الصناعية الأخرى في سوريا والعالم. أجريت هذه الدراسة لتقييم الإمكانيات التقنية للتكافل الصناعي (Industrial Symbiosis-IS) في مدينة حسياء الصناعية. اعتمدت المنهجية على تحليل تدفقات المواد والطاقة، بهدف تحديد أوجه القصور والفائض لاستكشاف فرص التبادل التكافلي، والتعاون بين الكيانات الصناعية، وقد أظهر التحليل أن المدينة تمتلك إمكانات كبيرة لتبادل الموارد المهدورة. تشير النتائج إلى إمكانية تحويل أكثر من 103000 طن سنوياً من المخلفات الصلبة إلى موارد، واسترجاع ما يصل إلى 70MW من الحرارة المهدورة. تم تحديد ثلاثة مشاريع ذات أولوية قصوى يمكن أن تؤدي إلى خفض سنوي يقدر بـ 39000 طن من انبعاثات CO₂ في المرحلة الأولى، وقد خلصت الدراسة، إلى أنه لا بدّ من وضع خارطة طريق تتضمن الاستثمار في البنية التحتية المشتركة، وتأسيس وحدة تنسيق متخصصة في مدينة حسياء الصناعية.

الكلمات المفتاحية: التكافل الصناعي، حسياء، الإيكولوجيا الصناعية، الاقتصاد الدائري، التنمية المستدامة.

*طالبة دكتوراه- قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية.

** أستاذ – قسم الهندسة البيئية- كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية.

Evaluation of Industrial Symbiosis Investment by Using Material and Energy Flow Analysis in Hassia Industrial City

Nouha Ahmad Al-kamoua*

Haitham Shaheen**

(Recived: 16 December 2025, Accepted: 26 January 2026)

Abstract:

To enhance resource efficiency, significantly reduce the environmental footprint, and achieve economic and environmental sustainability, the concept of Industrial Symbiosis (IS) emerges. IS seeks to provide practical and applicable solutions in industrial sectors, such as the Hassia Industrial City and other industrial zones in Syria and globally. This study was conducted to assess the technical potential of Industrial Symbiosis (IS) in the Hassia Industrial City. The methodology relied on analysing material and energy flows to identify deficits and surpluses, thereby exploring opportunities for symbiotic exchange and cooperation among industrial entities. The analysis revealed that the city possesses significant potential for exchanging wasted resources. The results indicate the possibility of converting over 103,000 tons of solid waste annually into resources and recovering up to 70 MW of waste heat. Three high-priority projects were identified that could lead to an estimated annual reduction of 39,000 tons of CO₂ emissions in the first phase. The study concluded that a roadmap is necessary, including investment in shared infrastructure and the establishment of a specialized coordination unit within the Hassia Industrial City.

Keywords: Industrial Symbiosis, Hassia, industrial ecology, circular economy, sustainable development.

***PhD student - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - University of Latakia.**

****Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - University of Latakia.**

المقدمة:

في إطار الخطط الموضوعية، في المجال الاقتصادي والتنمية الاقتصادية، ورفع المؤشرات الاقتصادية، لعب التصنيع الدور المهم في رفد اقتصاديات الدول، بقيم مضافة تساعدها في تحقيق أهدافها الاقتصادية المطروحة، فكان من الضروري، أن تولي الحكومات أهمية كبيرة للمدن والتجمعات الصناعية (Domenech 2011, Afshari 2020).

تقع مدينة حسياء الصناعية في جنوب حمص، تأسست عام 2004، تعتبر تجمع صناعي وعمراني متطور، تتضمن كافة المرافق الخدمية – الاجتماعية – الثقافية – التعليمية – الترفيهية والمهنية بمساحة 2500 هكتار، وتتسع لـ 7 آلاف نسمة، ويتوسع مستقبلياً يمكن أن يصل إلى 12500 هكتار، ويتسع لـ 350 ألف نسمة. تتميز المدينة الصناعية بحسياء بموقع جغرافي هام يتوسط سوريا، وترتبط بشبكة من الطرق المحلية والإقليمية والدولية من خلال عقد طريقية عصرية، كما تتميز المدينة بقربها من المرفأ البحرية، وذلك عن طريق تحويل حمص الكبرى التي أمنت ربطاً مختصراً مع تلك المرفأ (الإدارة العامة للمدينة الصناعية في حسياء). تُعد مدينة حسياء الصناعية (Hassia Industrial City) ثالث أكبر تجمع صناعي في سوريا، وتتميز بتنوع قطاعاتها (المعادن، الإسمت، الكيماويات، الغذاء، النسيج)، وهذا التنوع في الصناعات، بالإضافة إلى خطط التوسع المستقبلية، والموقع الجغرافي الهام، قاد إلى اختيارها كحالة دراسة بهدف تقييم الإمكانيات التقنية للتكافل الصناعي. حيث يعد التكافل الصناعي (IS) ركيزة أساسية في التحول نحو الإيكولوجيا الصناعية (Industrial Ecology)، تُعرف الإيكولوجيا الصناعية بأنها دراسة التدفقات المادية والطاقة داخل الأنظمة الصناعية، حيث يتم التعامل مع المجمع الصناعي كنظام بيئي (Ecosystem) يسعى إلى تقليل الهدر عن طريق تحويل المخرجات غير المرغوب فيها من عملية معينة إلى مدخلات قيمة لعملية أخرى. ويعد التكافل الصناعي (Industrial Symbiosis) التطبيق العملي والأبرز لهذا المفهوم من خلال تبادل الموارد والنفايات بين الشركات المختلفة (Zhang., et al., 2024, Afshari et al., 2020).

عالمياً، أثبتت تجارب مثل مدينة 'كالونديج' في الدنمارك أن تبادل الموارد يؤدي إلى خفض التكاليف والانبعاثات بشكل جذري. ومع ذلك، تواجه المناطق الصناعية الناشئة تحديات كبيرة في إدارة النفايات واستنزاف الموارد، مما يتطلب أدوات تحليلية دقيقة مثل تحليل تدفق المواد (Material Flow Analysis-MFA) وتحليل تدفق الطاقة (Energy Flow Analysis-EFA) لتحديد الفرص الكامنة للتبادل بين المصانع (شاهين، القاموع 2025).

إن نجاح شبكات التكافل والتبادل لتصميم وإنشاء المناطق الصناعية الإيكولوجية يحتاج إلى قنوات اتصال فعالة بين الشركات مع بعضها البعض، وذلك لتنسيق الجهود التي تهدف إلى تحويل المجمععات الصناعية التقليدية إلى مجمعات إيكولوجية، كما أشارت كمثال لذلك إلى ما قامت به كوريا الجنوبية من إنشاء مؤسسة حكومية للمجمعات الصناعية، حيث يتم تعيين فريق لكل مجمع تحت إشراف مدير خبير ومؤهل ولديه إلمام عميق بثقافة الإيكولوجيا الصناعية (Behera, Kim et al., 2012).

من أجل تحليل أحدث النتائج حول استخدام المنتجات والفوائض الثانوية، وتحت عناوين إعادة استخدام وإعادة تدوير النتائج الفرعية، واستغلالها من أنشطة أخرى خارج دورة الإنتاج الواحدة، مثل مصادر الكربون البديلة (مثل الكتلة الحيوية والبلاستيك)، أجريت مجموعة أبحاث أكاديمية. أظهرت النتائج، أنه من أجل تحسين معدلات إعادة الاستخدام والاسترداد، من الضروري زيادة جودة النتائج الفرعية المستردة. يجب تطوير وتنفيذ حلول تكنولوجية جديدة، بهدف تحقيق جودة أعلى للنواتج الفرعية، من أجل زيادة إعادة استخدامها بطريقة مستدامة بيئياً واقتصادياً، ويؤدي ذلك إلى الاقتراب من هدف "صفر نفايات"، ويعد طريقة قابلة للتحقيق لتوفير الموارد الطبيعية وتقليل الأثر البيئي لعمليات الإنتاج (شاهين، القاموع 2025).

يمكن استبدال الموارد الطبيعية بالنواتج الفرعية أيضًا بتوفير الطاقة وتحقيق كفاءة طاقة أعلى في عمليات الإنتاج. في هذا الإطار، وإذا أخذنا قطاع صناعة الصلب، فإنه ينبغي على هذا القطاع أن يواصل مساره نحو الاقتصاد الدائري، من خلال زيادة إعادة استخدام النواتج الفرعية بطريقة مستدامة، ويشمل ذلك تقليل استغلال الموارد الطبيعية، مثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتلوث البيئة، واستخدام مواد خام بديلة ذات أثر بيئي أقل، بالإضافة إلى مراقبة الآثار القائمة (Branca, Colla et al.2020).

على الرغم من الأهمية الاستراتيجية لمدينة حسياء الصناعية كقطب نمو في سورية، إلا أنه - لا توجد دراسات سابقة قامت بتقييم إمكانات التكافل الصناعي فيها باستخدام منهجيات تحليل التدفقات الكمية (MFA/EFA) وتأتي هذه الدراسة لتملأ هذه الفجوة البحثية عبر تقديم أول قاعدة بيانات ميدانية أولية، وتحديد مشاريع تطبيقية ذات أولوية تساهم في دعم صناع القرار لتحويل المدينة إلى تجمع صناعي إيكولوجي مستدام (رستم، حسن، خير بك، 2013). تبرز القيمة المضافة لهذا العمل في استناده إلى بيانات واقعية وسجلات رسمية لمدينة حسياء الصناعية (دراسة حالة فعلية)، حيث تم تحليل 103 ألف طن من النفايات وتحديد إمكانات حرارية مهددة بدقة 70 ميغاواط. وخلافاً للأدبيات السابقة التي تكتفي بتحديد فرص التبادل، يقدم هذا البحث نموذجاً تشغيلياً مقترحاً يتضمن حلولاً تقنية مثل أنظمة (ORC) مع تقديرات أولية للجدوى الاقتصادية، مما يجعله خارطة طريق تطبيقية لصناع القرار.

أهمية البحث:

تتبع أهمية البحث من خلال دعم الانتقال من نموذج صناعي تقليدي إلى نموذج مستدام يحقق مفاهيم الاقتصاد الدائري. وهذا يتأتى بتطبيق نهج التكافل الصناعي الذي يعني استخدام النفايات الناتجة عن صناعة ما كمواد خام في صناعات أخرى. يعتبر التعاون الصناعي المتبادل (الترابط الصناعي) علاقة تعاونية ومفيدة بين كيانات صناعية مختلفة أو قطاعات، حيث تتحول النفايات أو المنتجات الفائضة أو الموارد غير المستغلة من كيان واحد إلى مدخلات ذات قيمة لكيان آخر. يشمل ذلك تبادل المواد والطاقة والمياه والخبرات، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة الموارد، وتقليل النفايات، وتوفير التكاليف، وتحقيق فوائد بيئية.

أهداف البحث:

تقييم الإمكانيات التقنية للتكافل الصناعي (Industrial Symbiosis IS) وفق منهجية تحليل تدفقات المواد (Material Flow Analysis MFA) والطاقة (Energy Flow Analysis EFA)، في مدينة حسياء الصناعية/ مدينة حمص. حدود الدراسة

الحدود المكانية: تركز الدراسة على مدينة حسياء الصناعية في الجمهورية العربية السورية كنموذج تطبيقي الحدود الزمانية: تعتمد الدراسة على البيانات والتغيرات الحاصلة حتى عام 2025. الحدود الموضوعية: تختص بتحليل وتطوير نموذج للتكافل الصناعي باستخدام تحليل تدفقات المواد والطاقة. الحدود المنهجية: تعتمد الدراسة على منهج تطبيقي تحليلي.

المنهجية والطرائق:

اعتمدت الدراسة على ثلاث مراحل، وفق منهجية تصاعدية (Bottom-Up Approach) لتحليل ديناميكيات التكافل الصناعي داخل مدينة حسياء الصناعية:

المرحلة الأولى (جرد المكونات):

يؤدي تنوع الصناعات في مدينة حسياء الصناعية (الصناعات الغذائية، النسيجية، المعدنية، والكيميائية) إلى إنتاج كميات كبيرة من المنتجات الثانوية والنفايات، لذلك تم القيام بتحديد قائمة بـ 10 شركات ومرافق خدمات ممثلة لمعظم الصناعات، وتم تجميع بيانات المدخلات والمخرجات، كما هو موضح في الجدول (1).

المرحلة الثانية (التحليل الكمي وتحليل التدفقات البينية):

تحليل المدخلات والمخرجات وتدفقات المواد (Material Flow Analysis MFA) والطاقة (Energy Flow Analysis EFA) في كل مصنع، مع التركيز على تحديد مسارات النفايات وعمليات ما قبل التخلص منها، (الجدولين 2 و3).

المرحلة الثالثة:

تقييم إمكانات التكافل الصناعي من خلال مطابقة نقاط إنتاج النفايات مع نقاط طلب المواد لاقتراح فرص تبادل الموارد وتعزيز كفاءة استردادها، (الجدول 4)، وقد اعتمدت الدراسة في جمع البيانات مقابلات ميدانية أجريت عام 2023-2024 مع مديري التطوير والتخطيط في المصانع قيد الدراسة، ونظراً للظروف الصعبة والمعوقات البيروقراطية، كان الحصول على البيانات عملية معقدة، لذلك تم الاعتماد على المقابلات والاستبيانات مع مديري التشغيل والطاقة، مما وفر رؤى ذات قيمة كبيرة.

تم الحصول على قائمة المصانع من الإدارة العامة للمدينة الصناعية في حسياء، وتم تقدير الطاقة الإنتاجية السنوية لكل مصنع من خلال هذه المقابلات والوثائق المتاحة.

بعد تحديد المصانع الأساسية، تمت دراسة تدفقات المواد والطاقة والمياه لكل مصنع على حدة، وتم تطوير مخططات للمدخلات والمخرجات توضح ديناميكية هذه التدفقات، واستناداً إلى دراسة Kastner وآخرين (2015)، تم التركيز على اثنين من التدفقات المحورية:

1. تدفقات المواد.

2. تدفقات الطاقة.

منهجية حساب التدفقات: تم استخلاص البيانات الكمية المتعلقة بالنفايات والمدخلات الطاقية اعتماداً على السجلات الرسمية الصادرة عن إدارة المدينة الصناعية في حسياء للفترة (2023-2025). تمت معالجة هذه البيانات باستخدام منهجية تحليل تدفق المواد (MFA)، حيث تم تصنيف النفايات الصلبة حسب نوعها (بلاستيكية، معدنية، غذائية، إلخ) وتقدير حجم الفائض السنوي القابل للتدوير والذي بلغ 103 ألف طن. أما بالنسبة للوفر الطاقى، فقد تم حساب الاستطاعة الضائعة بناءً على التدفقات الحرارية المسجلة في مداخل المصانع الكبرى وتطبيق معادلات التوازن الطاقى لتقدير الوفر الممكن تحقيقه عبر تقنية (Neves, A., et al. 2020) ORC.

بالنسبة لتقنية دورة رانكن العضوية (ORC)، تُحسب التكلفة عادةً بناءً على "الكيلوواط الكهربائي" المُنتج:

• وحدات ORC: تتراوح التكلفة عالمياً بين 2500\$ إلى 4500\$ لكل كيلوواط (kW) مركب. إذا افترضنا استرجاع

جزء من الـ 70 ميغاواط حراري لتحويلها إلى كهرباء، فإن الاستثمار الأولي سيكون ضخماً ولكنه ذو قيمة مضافة عالية.

• أنابيب نقل الحرارة: تعتمد التكلفة على المسافة والعزل، وتُقدر تقريباً بـ 500\$ إلى 800\$ للمتر الطولي الواحد للأنابيب الصناعية المعزولة مسبقاً.

في المشاريع الصناعية المشابهة في المنطقة، تتراوح فترة استرداد التكلفة بين 3 إلى 6 سنوات.

• يعتمد ذلك بشكل أساسي على سعر شراء الكهرباء أو تكلفة الوقود الموفر (مثل الفول أو الغاز). كلما ارتفعت

أسعار الطاقة عالمياً، أصبحت هذه المشاريع أكثر جدوى وأسرع في استرداد تكاليفها.

في مدن مثل "حسياء"، تعتمد الصناعات الكبرى (الحديد، الإسمنت، الزجاج) على الأفران التي تعمل بنظام التشغيل المستمر، مما يعني أن تدفق الحرارة مستقر بنسبة تزيد عن 90% من ساعات السنة. ولضمان الجدوى، يجب أن تكون المسافة بين مصدر الحرارة والمصنع المستفيد أقل من 2 كم لحسن الحظ، المدن الصناعية مخططة جيداً تضع المصانع ذات الصلة في بلوكات قريبة (محمود، أسعد، 2016).
النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (1) تحديد وتحليل المصانع العشر الأساسية، حيث تم تحديد مصانع رئيسية في العنقود الصناعي/ ضمن حسياء، وتحليل خصائص تدفقات المواد والطاقة الداخلة والخارجة منها.

الجدول رقم (1): مدخلات ومخرجات 10 شركات صناعية مختارة ضمن مدينة حسياء (إدارة مدينة حسياء، 2025-

(2023)

Potential Sinks (A/B)	Current Disposal	Waste Heat (°C, MW)	By-products (t/yr)	Water (m³/yr)	Energy (MW)	Main Inputs	Plant
إسمنت/طرق	مكب + ردم	1000°C, 20 MW	خبث 40,000	150000	80	خرقة + خامات حديد	مصنع صهر الحديد
بلاط/طرق	تكدس/ طمر	400°C, 15 MW	غبار 30,000	120000	60	كلنكر + حجر كلسي	خط إنتاج الإسمنت
إسمنت/ديكور	مكببات خارجية	150°C, 2 MW	مخلفات صلبة 15,000	50000	10	كتل رخام	خط قص وصقل الرخام
سماد/طاقة حيوية	مكب نفايات	80°C, 1 MW	بقايا عضوية 8,000	40000	15	حبوب + زيوت	خط تعبئة المواد الغذائية
تدوير بلاستيك	بيع محدود لإعادة التدوير	180°C, 3 MW	قصاصات بلاستيك 5,000	30000	12	بولي إيثيلين	إنتاج أنابيب بلاستيكية
تعبئة/حشوات	حرق/ مكب	90°C, 1 MW	قصاصات قماش 3,000	20000	8	قطن/خيوط	مصنع أقمشة
معالجة خاصة	حرق خاص	120°C, 2 MW	نفايات دوائية 1,000	25000	10	مواد فعالة دوائية	إنتاج أدوية عامة
سماد/طاقة حيوية	مكب زراعي	70°C, 0.5 MW	مخلفات حبوب 2,000	15000	6	حبوب + إضافات	خط إنتاج أعلاف
ري/تدوير كيميائي	صرف للمجاري	350°C, 5 MW	مياه مالحة + حمأة 7,000	40000	20	فوسفات + أمونيا	مصنع أسمدة كيميائية
شبكة تسخين	إطلاق جوي	500°C, 25 MW	غازات مداخن 20,000	60000	50	غاز طبيعي	توربين غازي

• النتائج الكمية: تحليل تدفقات الموارد:

1- تحليل تدفقات المواد (Material Flow Analysis-MFA):

أظهر تحليل MFA أن الإمكانية التقنية للتكافل المادي تتجاوز 103000 طن سنوياً من المخلفات التي يمكن تحويلها من نفايات إلى مواد خام ثانوية (Secondary Raw Materials) (الجدول 2).

الجدول رقم (2): تحليل تدفقات المواد (Material Flow Analysis-MFA)

فئة المخلفات	المادة الثانوية	الكمية السنوية (طن/سنة)	التكافل المقترح
مخلفات البناء والمناجم	خبث صهر الحديد، غبار الإسمنت، بودرة الرخام	85	بدائل للكلنكر في الإسمنت، مواد مالحة، ركام للطرق
المخلفات العضوية	بقايا غذائية ومخلفات أعلاف	10	إنتاج الغاز الحيوي (Biogas) أو السماد العضوي
المخلفات القابلة للتدوير	قصاصات بلاستيك ونسيج	8	إعادة تدوير داخلية/خارجية، مواد عزل وتعبئة

2- تحليل تدفقات الطاقة (Energy Flow Analysis-EFA):

يشير تحليل EFA إلى أن إجمالي القدرة الحرارية المهدورة في المدينة تبلغ 70 MW، مما يفتح فرصاً كبيرة لاسترجاع الحرارة (Waste Heat Recovery-WHR) (الجدول 3).

الجدول رقم (3): تحليل تدفقات الطاقة

الاستغلال التقني المقترح	القدرة المهدورة (MW)	المصادر الرئيسية	فئة الحرارة
توليد الكهرباء عبر دورة رانكين العضوية (ORC)	MW 45	مصنع الحديد، محطة الطاقة الغازية	I. حرارة عالية (500-1000 °C)
التبريد المركزي عبر مبردات الامتصاص (ABC) للخدمات والمكاتب	MW 20	مصنع الإسمنت، الكيماويات	II. حرارة متوسطة (350-400 °C)
تسخين المياه والتدفئة، تجفيف المحاصيل الزراعية (Agri Drying)	MW 7	البلاستيك، الرخام، الغذاء	III. حرارة منخفضة (80-180 °C)

3- تقييم الجدوى البيئية والاقتصادية (أفضل 3 مطابقات):

تم تقدير القيمة المضافة لأفضل ثلاث مطابقات بناءً على تقليل الاعتماد على المواد الخام البكر (Reduced Virgin Material Consumption)، وتجنب انبعاثات الكربون (Avoided CO₂) (الجدول 4).

الجدول رقم (4): جدول المطابقة

أولوية	المطابقة التكافلية (التبادل)	التوفير البيئي (المقدر)	الأثر المالي الرئيسي
1	المواد البديلة (خبث الحديد → الإسمنت)	خفض انبعاثات 32,000 طن CO ₂ سنوياً	وفورات في المواد الخام (استبدال الكلنكر) + إلغاء تكلفة التخلص من الخبث
2	استرجاع الطاقة (حرارة الحديد → 4 MW كهرباء)	خفض انبعاثات 7,500 طن CO ₂ سنوياً	وفورات في الطاقة (تقليل فاتورة الكهرباء) + استقرار إمداد الطاقة
3	المواد المألثة (غبار الإسمنت / رخام → بناء)	خفض 45,000 طن سنوياً من المخلفات الصلبة المرسلّة للمكبّات	إيرادات جديدة من بيع المواد المألثة (المخلفات) كمنتجات ثانوية

• المشاريع ذات الأولوية القصوى وخارطة الطريق:

يبين الجدول (5) المشاريع ذات الأولوية القصوى.

الجدول رقم (5): المشاريع ذات الأولوية القصوى

الأولوية	المشروع المقترح	العوائق والتحديات الرئيسية	التوصية الاستراتيجية
1	التكامل المعدني-البنائي: تفعيل مطابقة الخبث والرخام كمواد أولية	اللوجستيات: الحاجة إلى بنية تحتية لنقل المواد بكميات كبيرة المعيارية: ضمان التزام الخبث بمعايير الجودة للإنتاج	آلية الشراء والبيع المضمونة: توقيع اتفاقيات (Off-take Agreements) طويلة الأمد تحت إشراف مديرية المدينة لضمان استمرارية التوريد
2	وحدة توليد الكهرباء من الحرارة المهدورة (ORC): استغلال الحرارة المرتفعة من مصنع الحديد	التكاليف الرأسمالية: ارتفاع كلفة الاستثمار الأولي للمعدات التقنية المتقدمة	تأمين التمويل الأخضر/الحوافز: توفير إعفاءات ضريبية خاصة لتقنيات استرجاع الحرارة وإعداد طلبات تمويل للجهات الداعمة للاستدامة
3	مشروع تدوير المياه الأساسي: معالجة المياه من الكيميائيات للاستخدامات غير الحرجة	الثقة وعدم اليقين: تردد الشركات في استخدام مياه الصرف المعالجة في عملياتها	إنشاء محطة معالجة مُصغرة (Pilot Plant): إطلاق مشروع تجريبي مشترك لإثبات جودة المياه المعالجة قبل التوسع لتشجيع الثقة

أهم ثلاثة قطاعات تشكل "مثلث التكافل" في الدراسة:

1. قطاع الصناعات الهندسية والمعدنية (مصانع الحديد والصلب):
هذا القطاع هو المصدر الرئيسي للحرارة المهدورة (التي قدرت بـ 70 ميغاواط). كما ينتج "خبث الحديد" الذي يمثل مادة خاماً ثانوية أساسية.
 2. قطاع الصناعات الكيميائية والإنشائية (مصانع الإسمنت والدهانات):
يمتاز بقدرة عالية على استيعاب مخلفات القطاعات الأخرى (مثل الخبث أو الرماد) ودمجها في العملية الإنتاجية، كما يمكنه الاستفادة من الطاقة المسترجعة.
 3. قطاع الصناعات الغذائية:
4. ينتج كميات ضخمة من المخلفات العضوية والصلبة (البلاستيك والكرتون) التي تساهم في رقم الـ 103 ألف طن الذي ذكرته، وهي قابلة للتحويل إلى طاقة حيوية أو مواد تغليف معاد تدويرها.
- تتفق نتائج هذه الدراسة مع التوجهات العالمية في المناطق الصناعية الناشئة، حيث أظهرت دراسات مشابهة في تركيا أن استرجاع الحرارة منخفضة الدرجة يمثل الفرصة الأكبر لتحسين كفاءة الطاقة. وبمقارنة كمية الحرارة المهدورة في حسياء (70 ميغاواط) مع تجارب عالمية استخدمت تقنية ORC ، نجد أن تطبيق المشاريع المقترحة سيضع مدينة حسياء في مصاف التجمعات الصناعية الصديقة للبيئة، محاكاةً بذلك نماذج ناجحة في أوروبا واليابان (Cercel et al., 2023) .

الخلاصة:

على الرغم من أن المصلحة البيئية قد تنشأ كسبب أساسي لتطوير التكافل الصناعي، إلا أن المصلحة الذاتية هي السبب الرئيسي وراء تعاون المنظمات في شبكات التكافل الصناعي، حيث سعت العديد من دول العالم إلى التكافل الصناعي لتحقيق الكفاءة في استهلاك الموارد، ونظراً للوعي العالمي بالاستدامة والمتطلبات الأكثر صرامة، لجميع الأنشطة التجارية

لتصبح دائرية، فإننا ندعو الشركات بشدة إلى عدم البقاء على الحياض في انتظار أن تصبح نظم التكافل الصناعي مربحة، بل العمل الآن للحصول على ميزة تنافسية في مستقبل أكثر دائرية.

تؤكد هذه الدراسة أن الإمكانيات التقنية للتكافل الصناعي في مدينة حسياء هائلة، ويمكن أن يكون نموذج التكافل الحل الأمثل لتقليل التكاليف التشغيلية وتحقيق الاستدامة البيئية.

وأثبتت هذه الدراسة أن مدينة حسياء الصناعية تمتلك إمكانيات غير مستغلة لتحقيق التكافل الصناعي، حيث كشف تحليل التدفقات المستند إلى السجلات الرسمية عن وجود فائض من النفايات الصلبة يتجاوز 103 ألف طن سنوياً، وهدر حراري يصل إلى 70 ميغاواط، وإن تبني النموذج المقترح الذي يربط بين القطاعات الهندسية، والإنشائية، والغذائية، واستخدام تقنيات مثل ORC، لا يساهم فقط في خفض الانبعاثات بمقدار 39 ألف طن من CO₂، بل يعزز الاستدامة الاقتصادية للمدينة.

التوصية النهائية:

يوصى بإنشاء وحدة تنسيق للتكافل الصناعي (IS Coordination Unit) تابعة لمديرية المدينة الصناعية، ويجب أن تكون مهمتها الرئيسية هي تذليل العوائق التنظيمية، ومراقبة تدفقات الموارد، وتسهيل المفاوضات بين الشركات لترجمة هذه الإمكانيات التقنية إلى مشاريع تكافلية ناجحة حيث تتولى المهام التقنية والتشريعية والتحفيزية لضمان تحويل هذه الفرص إلى واقع ملموس.

مهام وحدة تنسيق التكافل الصناعي المقترحة:

1. المستوى التقني: بناء قاعدة بيانات ديناميكية لتدفقات الموارد والطاقة وتحديثها دورياً بالتنسيق مع المصانع، لتحديد فرص التبادل اللحظية.
2. المستوى التشريعي: إعداد المسودات القانونية لعقود "تبادل المخرجات" التي تضمن حقوق جميع الأطراف وتنظم مسؤولية نقل ومعالجة النفايات.
3. المستوى المالي: تصميم حزمة من الحوافز بالتنسيق مع إدارة المدينة، مثل تخفيض الرسوم الخدمية للمصانع التي تحقق وفراً طاقياً أو تتبادل مواردها محلياً.

المراجع باللغة العربية:

1. الإدارة العامة للمدينة الصناعية بحسياء (2023-2025) التقرير السنوي لتدفقات المواد والنفايات الصلبة والطاقة، حمص، سوريا.
2. رستم، حسن، خير بك (2013). دراسة تأثيرات المرفأ الجاف المقترح في مدينة حسياء الصناعية على قطاع النقل اللوجستي سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (5) مجلة جامعة تشرين
3. شاهين، القاموح (2025). المراجعة البيئية لمعامل تصنيع تعليب الخضار/ الكونسروة، حالة الدراسة مدينة حسياء الصناعية/ حمص. مقالة بمجلة جامعة اللاذقية.
4. شاهين، القاموح (2025) المُنْتَزَهِات الإيكولوجية الصناعية: دراسة حول إمكانية تطبيق تجربة منتزه كالونديبورغ في المدينة الصناعية بحسياء. مقالة بمجلة جامعة حماه.
5. محمود، أسعد (2016) دراسة تحليلية لواقع الاستثمار في المدن الصناعية السورية خلال الفترة 2012-2004 سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (38) العدد (4) مجلة جامعة تشرين

References:

6. Afshari, H., et al. (2020). The effect of environmental and social value objectives on optimal design in industrial energy symbiosis. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104825.
7. Behera, S. K., Kim, J.-H., Lee, S.-Y., Suh, S. & Park, H.-S. (2012). Evolution of ‘designed’ industrial symbiosis networks in the Ulsan eco-industrial park: ‘Research and development into business’ as the enabling framework. *Journal of Cleaner Production*, 29–30, 103–112.
8. Branca, T. A., Colla, V., Algermissen, D., Granbom, H., Martini, U., Morillon, A., Pietruck, R. & Rosendahl, S. J. (2020). Reuse and recycling of by-products in the steel sector: Recent achievements paving the way to circular economy and industrial symbiosis in Europe. *Metals*, 10(3), 345.
9. Cercel, B., et al. (2023). Waste heat recovery potential in industrial zones: A case study of Turkish industrial sectors. *Energy Reports*, 9, 214–225.
10. Domenech, T. & Davies, M. J. (2011). Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *Progress in Industrial Ecology – Social and Behavioral Sciences*, 10, 79–89.
11. Neves, A., et al. (2020). The role of Organic Rankine Cycle (ORC) in industrial waste heat recovery: A review of European applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111104.
12. Zhang, Y., et al. (2024). Industrial ecology and circular economy: New methodologies for material flow analysis (MFA) in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 412, 138764.

تأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية على سلامة عاثيات الإشريكية القولونية

عاصم الباكير¹ ماهر صالح² أشرف الصالح³

(الإيداع: 17 كانون الأول 2025، القبول: 26 كانون 2026)

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم قدرة عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية على الاحتفاظ بفاعليتها في تحليل جراثيم الإشريكية القولونية بعد حفظها بالتبريد والتجميد و بعد إجهادها بالتسخين والتعرض للأشعة فوق البنفسجية وتعرضها لدرجات حموضة مختلفة، حيث أجريت هذه الدراسة في مخبر الأحياء الدقيقة كلية الطب البيطري في جامعة حماة في الفترة الواقعة بين 2025/2/5 و 2025/9/1. حيث تم عزل عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية النزفية المعوية من أرضية حظائر الأبقار وتم حفظها بالتبريد بدرجة حرارة 4 م° لمدة (7 أيام، 1 شهر، 3 أشهر، 6 أشهر) وحفظها بالتجميد لمدة (1 شهر، 3 شهر، 6 أشهر) كما عرضت العاثيات لإجهاد حراري بالتسخين بدرجات حرارة مختلفة (45، 55، 65، 100) م° وعرضت للأشعة فوق البنفسجية لمدة (30 ثا، 1 دقيقة، 1.5 دقيقة، 2 دقيقة) كما عرضت لدرجات pH (3، 5، 7، 8، 10) وحسب تعداد عاثيات الجراثيم ومدى ثباتيتها.

حيث أظهرت النتائج ثبات معيار عاثيات الإشريكية القولونية بالتبريد بدرجة حرارة 4 م° لمدة تصل إلى 6 أشهر في حين أظهر معيار العاثيات بعد الحفظ بالتجميد ثبات لمدة 3 أشهر وانخفض بشكل معنوي عند 6 أشهر، وقد أظهر تقييم تعريض العاثيات للأجهاد الحراري بالتسخين ثبات معيارها عند درجة حرارة 45 م° وانخفض بدرجة حرارة 55 م° وتم تعطيل العاثيات بشكل كامل عند درجة حرارة 100 م° لمدة 5 دقائق، وتفاوت تأثير تعريض عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية لأشعة UV لفترات مختلفة حيث انخفض أعداد عاثيات الإشريكية القولونية بازدياد فترة التعرض وتم تعطيل العاثيات بعد دقيقتين من تعرضها لأشعة UV، وأشارت نتائج تقييم حساسية عاثيات الإشريكية القولونية للتغير في قيم pH إلى انخفاضاً ملحوظاً في الظروف الحامضية والقلوية المتطرفة وأبدت ثباتاً في درجة الحموضة المترواحة بين (5 - 7). يستنتج من هذه الدراسة أن أفضل طريقة لحفظ العاثيات هي التبريد بدرجة حرارة 4 م° وأن الإجهاد الحراري بالتسخين بدرجات حرارة أعلى من 45 م° يؤثر على فعاليتها، كما أن عاثيات الجراثيم تتعطل بالتعرض لأشعة UV و بدرجات الحموضة الحامضية والقلوية المتطرفة.

الكلمات المفتاحية: الإشريكية القولونية، عاثيات، الحرارة، درجة pH

* طالب دراسات عليا (دكتوراه) – قسم الصحة العامة والطب الوقائي – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

**أستاذ مساعد في قسم الصحة العامة والطب الوقائي – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

***مدرس في قسم الأحياء الدقيقة – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

The Impact of Physical and Chemical Factors on the Safety of Escherichia coli Bacteriophages

ASEEM ALBAKER¹

MAHER SALEH¹

ASHRAF ALSALEH²

(Received:17 December 2025, Accepted: 26 January 2026)

Abstract:

This study aimed to evaluate the ability of Escherichia coli bacteriophages to retain their efficacy in lysing E. coli bacteria after refrigeration and freezing storage, and after being subjected to thermal stress by heating, exposure to ultraviolet (UV) radiation, and exposure to different pH levels. The study was conducted in the Microbiology Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine at Hama University between February 5, 2025, and September 1, 2025. Intestinal hemorrhagic E. coli bacteriophages were isolated from cattle barn floors. They were preserved by refrigeration at 4°C for periods of (7 days, 1 month, 3 months, 6 months) and by freezing for (1 month, 3 months, 6 months). The phages were also subjected to thermal stress by heating at different temperatures (45°C, 55°C, 65°C, 100°C) and exposed to UV radiation for (30 seconds, 1 minute, 1.5 minutes, 2 minutes). Furthermore, they were exposed to pH levels of (3, 5, 7, 8, 10). Bacteriophage titer and stability were assessed accordingly.

The results demonstrated the stability of the E. coli bacteriophage titer when refrigerated at 4°C for up to 6 months. In contrast, the phage titer after frozen storage remained stable for 3 months but decreased significantly at 6 months. Evaluation of thermal stress by heating showed phage titer stability at 45°C, a decrease at 55°C, and complete inactivation of the phages at 100°C for 5 minutes. The effect of exposing E. coli bacteriophages to UV radiation for varying periods differed; the number of E. coli phages decreased with increasing exposure time, and the phages were inactivated after two minutes of UV exposure. The results of assessing the sensitivity of E. coli phages to changes in pH values indicated a notable decline under extreme acidic and alkaline conditions, while stability was maintained within a pH range of 5 to 7. It is concluded from this study that the optimal method for preserving the phages is refrigeration at 4°C, and that thermal stress by heating at temperatures above 45°C affects their efficacy. Furthermore, the bacteriophages are inactivated by exposure to UV radiation and by extreme acidic and alkaline pH levels.

Keywords: *Escherichia coli*, bacteriophages, temperature, pH.

¹Department of Public Health and Preventive Medicine -College of Veterinary Medicine - University of Hama- Hama- Syria

²Department of microbiology - College of Veterinary Medicine -University of Hama- Hama-Syria

1) المقدمة:

تُعد الإشريكية القولونية في معظم الدول النامية سبباً لحوالي ثلث حالات الإسهال بين الأطفال (Gomez-Duarte *et al.*, 2013)، وترتبط الإشريكية القولونية أيضاً بالإسهال في الحيوانات والطيور المستأنسة وأحد أهم العوامل المسببة للإسهال في العجول، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة في قطاع تربية الأبقار حيث وتمتلك الإشريكية القولونية طيفاً أوسع من الأمراض مقارنة بأي نوع بكتيري آخر (Kaper *et al.*, 2004)، ومع تزايد مشكلة مقاومة المضادات الحيوية، تبرز الحاجة إلى بدائل علاجية فعالة وآمنة. وفي هذا السياق، تستقطب العلاج بالعائيات (Phage Therapy) اهتماماً متزايداً كاستراتيجية واعدة لمكافحة الالتهابات البكتيرية، نظراً لفعاليتها النوعية وقلة آثارها الجانبية وقابليتها للتطور لمجابهة المقاومة البكتيرية (Ackermann, 2007).

العائيات، أو الفاجات، هي فيروسات تصيب البكتيريا بشكل خاص، وقد استخدمها Félix d'Hérelle لأول مرة في أوائل القرن العشرين لعلاج الأطفال المصابين بالزحار البكتيري، سبقت هذه النجاحات الأولية فترة من الاهتمام الكبير بالعلاج بالعائيات في فرنسا وحول العالم (Abeldon *et al.*, 2011).

هناك خلفية تاريخية جيدة للنظر في العلاج بالعائيات كوسيلة لعلاج عدوى الإشريكية القولونية، ولا تُعد فكرة العلاج بالعائيات فكرة حديثة، إذ استُخدمت العائيات كمضادة للميكروبات لمدة قرن تقريباً (Monk *et al.*, 2010)، ففي عام 1921، دُعم استخدام العائيات كعلاج للإسهال الجرثومي (Summers, 2001)، وقد أنتجت شركات الأدوية العديد من العلاجات القائمة على العائيات (Housby and Mann, 2009) وخلال الحرب العالمية الثانية، استخدمت الجيوش العائيات لمكافحة الديسنتاريا، كما أن هناك تقارير بحثية حول استخدام ناجح بالعائيات ضد الإشريكية القولونية في الطب البيطري (Brussow, 2005)، من المهم للغاية الإشارة إلى أن العائيات باتت أداة حيوية لفهم علم الأحياء الجزيئي، إلى جانب كونها عوامل علاجية محتملة لمكافحة العدوى البكتيرية. ومن الجوانب الهامة الأخرى التي دفعت لدراسة العائيات في هذا البحث، هو وجودها بكثرة في المحيط الحيوي. وإمكانية استخدامها كعلاج ضد الجراثيم (Ackermann, 2007).

من الضروري فهم سلوك العائيات واستقرارها تحت ظروف التخزين والمعالجة المختلفة. حيث تلعب الظروف الفيزيائية دوراً حاسماً في الحفاظ على حيويتها وفعاليتها، حيث تعتبر درجة الحرارة من العوامل الحرجة التي تحدد النشاط الأيضي للعائيات، قدرتها على الالتصاق بالخلية البكتيرية، ودورة حياتها (التكاثر والتحلل) (Jończyk *et al.*, 2011) ولذلك فإن التعرض لدرجات حرارة مرتفعة قد يؤدي إلى تلف البروتينات البنيوية مثل القفيصة وفقدان الحمض النووي للعائيات، مما يسبب تعطيلها الدائم. ومن ناحية أخرى، فإن درجات الحرارة المنخفضة تبطئ النشاط الأيضي وقد تؤخر دورة التحلل دون أن تعطل العائيات بالضرورة (Łobocka *et al.*, 2021) و يعد التخزين بالتبريد عند 4°م أو التجميد من الوسائل الشائعة لحفظ العائيات. ومع ذلك، يمكن أن تسبب هذه العمليات إجهاداً للعائيات أثناء عملية التجميد البطيء، قد يؤدي تكون بلورات الجليد إلى إلحاق ضرر ميكانيكي بالقفيصة الفيروسية. كما أن لزيادة تركيز الأملاح والمواد المذابة في الوسط المحيط أثناء التبلور تأثير على ثبات العائيات. وتعتمد درجة التحمل على نوع العائيات وتركيبها الجزيئي (Müller-Merbach *et al.*, 2005).

وتعد العائيات بروتينات بنبوية، وبالتالي فهي عرضة لعوامل إفساد الطبيعة البروتينية، والتي تشمل التعرض للمذيبات العضوية ودرجات الحرارة المرتفعة ودرجة الحموضة والقوة الأيونية وتأثيرات التداخل (Malik *et al.*, 2017). وقد تم تطبيق حفظ العائيات الجرثومية في درجات حرارة منخفضة للحفاظ عليها لفترات طويلة على نطاق واسع (Ackermann *et al.*, 2004). وأظهرت دراسة (Novik *et al.*, 2009) أن التبريد باستخدام 10% جليسرول و 5% ثنائي ميثيل سلفوكسيد مع معدل تجميد عالٍ يضمن بقاءً عالياً وقدرة تحليلية للعائيات ضد بكتيريا الزائفة. بالإضافة إلى ذلك، وجدت (Bonilla *et al.*, 2016) أيضاً أن المحلول المنظم SM Suspension Medium buffer فعال للغاية في حفظ العائيات T4، حيث يمكن تخزين العائيات بسهولة عند 4°م في هذا المحلول المنظم مع الحفاظ على فعاليتها لمدة 96 يوماً. وأظهرت دراسة (Golec *et al.*, 2016) أن حفظ العائيات الذيلية في شكل DNA داخل الخلايا المصابة حديثاً كان أسلوباً أكثر موثوقية لتخزين العائيات مقارنة بالحفاظ على العائيات الناضجة. علاوة على ذلك، وفقاً لدراسة (Alvi *et al.*, 2018)، كانت درجة حرارة 4°م هي الدرجة المثلى لحفظ العائيات. وأظهرت الدراسات أن كل نوع من العائيات لها ظروف تخزين مختلفة. وقد ذكر (Ackermann *et al.*, 2004) أنه لا توجد طريقة ثابتة لحفظ العائيات بسبب

الاختلافات في حساسية كل عاثية على حدة تجاه الظروف الفيزيائية والبيئية للتخزين. وبالتالي، فإن اتباع نهج خاص بكل عاثية أو استخدام أساليب حفظ متعددة من المتوقع أن يضمن استعادة العاثية لاحقاً. وقد يكون الجمع بين بيئة التخزين ودرجة الحرارة المستخدمة لحفظ العاثيات مفيداً.

(2) اهداف الدراسة:

- 1- دراسة أمكانية تخزين عاثيات جراثيم الأشريكية القولونية
- 2- دراسة تأثير تعرض عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية لدرجات حرارة مختلفة.
- 3- دراسة تأثير تعرض عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية للأشعة فوق البنفسجية.
- 4- دراسة تأثير درجات الحموضة المختلفة على سلامة عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية .

(3) مواد وطرق العمل:

أجريت هذه الدراسة في مخبر الأحياء الدقيقة في كلية الطب البيطري التابعة لجامعة حماة في الفترة الواقعة ما بين 2025/2/5 و 2025/9/1.

(1-3) جراثيم الإشريكية القولونية:

استخدم في هذه التجربة جراثيم الإشريكية القولونية النزفية المعوية (EHEC) معزولة من حالات إسهال العجول مشخصة باستخدام تقنية الـ PCR وتحمل جينات الضراوة (Stx₁, eae) كثوي مضيف للعاثيات (Albaker *et al.*, 2025).

(2-3) عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية :

تم تجهيز قوارير زجاجية سعة 250 مل تحتوي على 100 مل من وسط المرق المغذي المدعم بـ كلوريد الكالسيوم 0.5% وتم تعقيمها باستخدام الموصدة حيث إن أيونات الكالسيوم (Ca++) تزيد من التصاق العاثيات بالخلايا الجرثومية مما يقلل عدد العاثيات الحرة كما يزيد من نفاذية غشاء الخلية الجرثومية مما يسهل عملية حقن الـ DNA (Bonhivers) . and Letellier.,1995

تم أخذ 1 مل عالق جراثيم (الأشريكية القولونية) في طور نموها اللوغاريتمي (18 ساعة) وخلطت مع 25 مل من عينات العاثي ، وتم تحصيلها بدرجة حرارة 37م لمدة 48 ساعة مع التحريك المستمر للقوارير وبعد انتهاء التحصيل تم تنقيتها بسرعة 12000 دورة بالدقيقة لمدة 10 دقائق وتم ترشيح الرائق الطافي ثلاث مرات من خلال مرشحات غشائية ذات مسام بحجم 0.45 ميكرومتر ، 0.22 ميكرومتر على التوالي .

وتم تجميع السائل في أنابيب معقمة لدراسة أمكانية تواجد الفيروسات العاثية (Bonilla *et al.*, 2016). حيث تم استخدام تقنية الأغار المزدوج لعزل عاثيات الجراثيم من أرضية حظائر الأبقار إذ تم تحضير أطباق من الأغار المغذي المضاف له نترات الكالسيوم كطبقة رقيقة أولى في أطباق بيتري عقيمة، ثم تم خلط 300 ميكرون من عينات رائق العاثيات و300 ميكرون من بكتريا الإشريكية القولونية ، وتحفظ لمدة 10 دقائق بدرجة حرارة 37م مع التحريك المستمر، ثم أضيفت إلى 3مل من الأغار ويصب كطبقة علوية فوق طبقة الأغار السفلي ويترك حتى التصلب ثم حصّن بدرجة حرارة 37 م لمدة 48 ساعة وعند انتهاء فترة الحضانة تم ملاحظة مناطق تثبيط للنمو لويحات التحلل (Lytic zone or plaques) دلالة على وجود العاثي الجرثومي (Kobayashi and Palumbo, 2000).

(3-3) معايرة عاثيات الجراثيم:

تمت معايرة العاثيات باستخدام طريقة تقنية الأغار المزدوج حيث أجريت سلسلة من التخفيفات العشرية وذلك بنقل 100 ميكروليتر من محلول العاثيات إلى 900 ميكروليتر من PYCA ثم تم نقل 100 ميكروليتر من الأنبوب الثاني إلى الأنبوب الثالث الحاوي على 900 ميكروليتر من PYCA وتكررت العملية حتى الحصول على عدة تخفيفات عشرية ، ثم تم مزج 300 ميكروليتر من كل محلول تخفيف مع 300 ميكروليتر من محلول جراثيم الإشريكية القولونية في الطور

اللوغاريتمي (بعمر 18 ساعة) وتم التحريك لمدة 10 دقائق ثم أضيفت إلى 3 مل من الآغار المغذي الذي يصب فوق طبقة الآغار الأولى وحضنت الأطباق بدرجة حرارة 37 م لمدة 24 ساعة ، وتم اختيار الأطباق التي تراوح فيها عدد اللويحات بين 100 – 200 لويحة وتم حساب معيار العاثي الجرثومي بوحدة plaque forming unit (PFU) (Pallavali *et al.*, 2017, Khawaja *et al.*, 2016)

3-4 (دراسة حساسية العاثي للتغير في درجات الحرارة:

3-4-1) تبريد العاثيات:

تم تخزين الفيروسات بوضعا في انابيب ابندروف بوسط BPS عند 4 درجات مئوية لمدة (7 يوماً، 30 يوماً، و90 يوماً، 6 أشهر). (Alvi *et al.*, 2018)

3-4-2) تجميد الفيروسات عاثيات الجراثيم:

تم تجميد الفيروسات بتجميدها بدرجة حرارة -20 في وسط BPS وتم اختبار حفظها لفترات مختلفة (1 شهر، 3 أشهر، 6 أشهر).

(Aşıhoğlu & Ayaz, 2023)

3-4-3) تسخين الفيروسات:

تم حساب فعالية عاثيات البكتيريا عند 45 درجة مئوية (لمدة 1 ساعة) وعند 55 درجة مئوية (لمدة 1 ساعة) وعند 65 درجة مئوية (لمدة 1 ساعة) و عند 100 درجة مئوية لمدة (5 دقائق). (El-Tarabily *et al.*, 2019)

3-4-4) دراسة حساسية العاثي للأشعة فوق البنفسجية (UV):

تم تعريض فيروسات العاثيات للأشعة فوق البنفسجية وذلك بوضع محلول العاثيات في طبق بيتري على مسافة 30 سم من مصباح الأشعة فوق البنفسجية لمدة (30 ثانية، 60 ثانية، 90 ثانية، 120 ثانية). (Endersen *et al.*, 2014)

3-4-5) دراسة حساسية العاثي للتغير بـ pH:

تم تقييم استقرار العاثية (البكتيريوفاج) عند مستويات حموضة مختلفة باستخدام تقنيات قياسية وفقاً للخطوات التالية: تم تحضير سلسلة من محاليل الماء وضبطها عند قيم 3، 5، 7، 8، 10 ($0.05 \pm$) باستخدام حمض كلور الماء أو هيدروكسيد الصوديوم.

أضيفت معلق العاثية المنقاة إلى محلول الاختبار و حُضنت العينات عند 37 °C لمدة ساعة واحدة وتم إجراء تعداد للعاثيات باستخدام طريقة صب الآغار المزدوج (Bagiriska *et al.*, 2024).

3-5) التحليل الإحصائي:

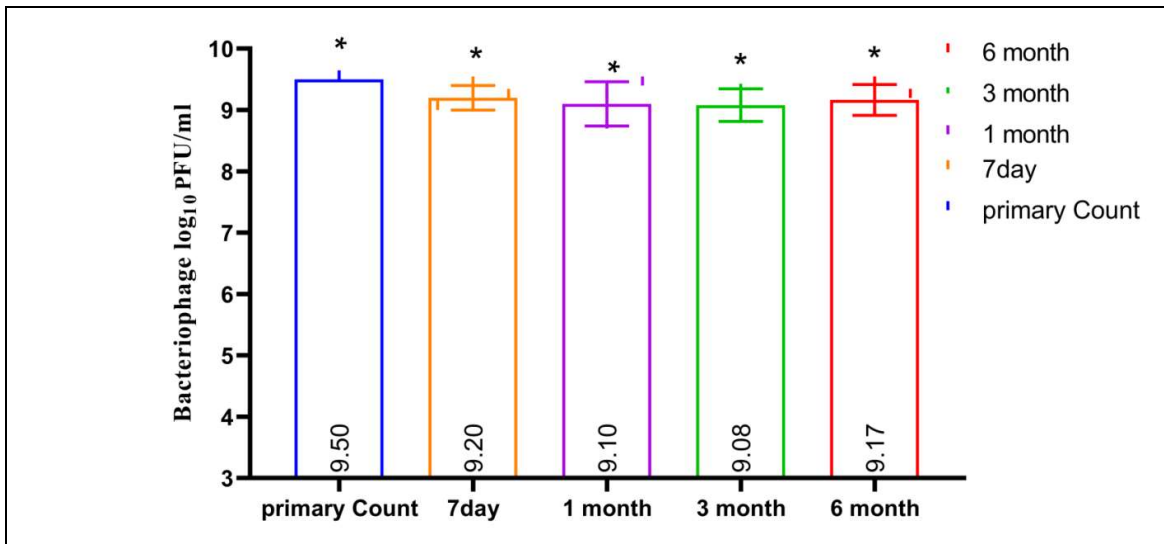
تم استخدام برنامج مايكروسوفت اكسل 2019 وبرنامج padgraph prism لمعالجة البيانات وتشكيل المخططات وكما تم استخدام برنامج spss لحساب الفروق المعنوية بين المجموعات .

4) النتائج:

4-1) حساسية العاثي للتغير في درجات الحرارة:

4-1-1) تأثير التبريد:

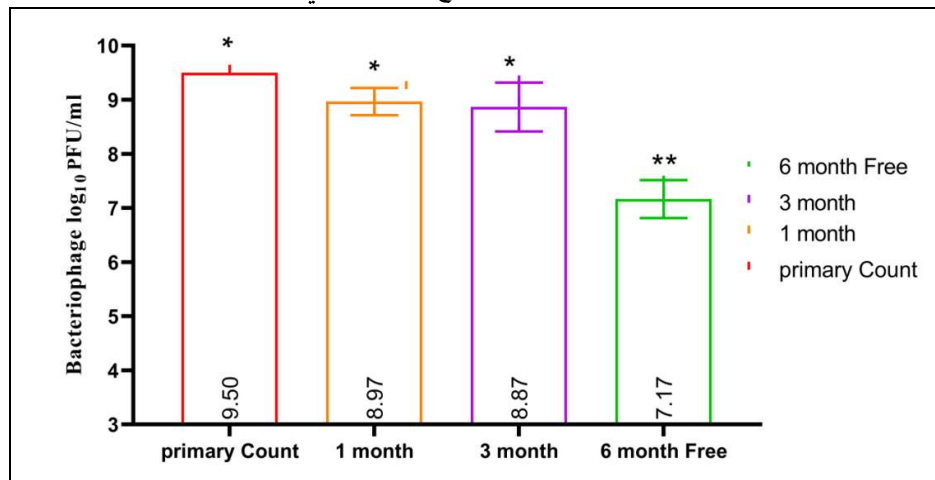
أشارت نتائج تقييم حساسية عاثيات الإشريكية القولونية للحفظ بالتبريد بدرجات حرارة 4 م إلى ثبات معيار عاثيات الإشريكية القولونية بالتقدم بالزمن إذ بينت الدراسة الإحصائية عدم وجود فروق معنوية ما بين مجموعة العاثيات المحفوظة بالتبريد لمدة تصل إلى 6 أشهر بالمقارنة مع المعيار الأولي للعاثيات، كما هو موضح بالمخطط رقم (1).



المخطط رقم (1): يظهر المخطط تعداد عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد حفظها بالتبريد لفترات مختلفة، حيث أشير إلى الفروق المعنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) بالاختلاف بالرمز (*)

(2-1-4) تأثير التجميد:

يظهر المخطط رقم (2) تأثير حفظ عاثيات الإشريكية القولونية بالتجميد لفترات مختلفة حيث أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية عند حفظها بالتجميد لفترات (1 شهر، 3 أشهر) بالمقارنة مع التعداد الأولي بينما أشارت إلى انخفاض تعداد عاثيات الإشريكية القولونية عند حفظها بالتجميد لمدة 6 أشهر إذ أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى ($P \leq 0.05$) ما بين العاثيات المحفوظة لمدة 6 أشهر بالمقارنة مع التعداد الأولي للعاثيات.

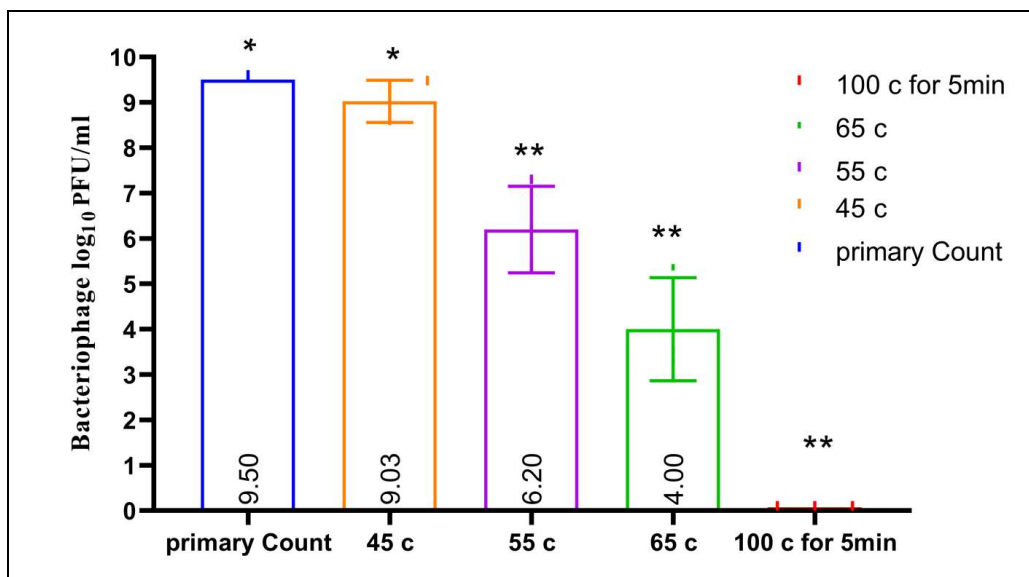


المخطط رقم (2): يظهر المخطط تعداد عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد حفظها بالتجميد لفترات ، حيث أشير إلى الفروق المعنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) بالاختلاف بالرمز (*)

(3-1-4) تأثير التسخين:

أشارت نتائج تقييم حساسية عاثيات الإشريكية القولونية للتسخين بدرجات حرارة مختلفة إلى انخفاض تعداد عاثيات الإشريكية القولونية بارتفاع درجة الحرارة إلى 55 م° إذ بينت الدراسة الإحصائية وجود فروق معنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) ما بين مجموعة العاثيات المعرضة لدرجة حرارة 55 م° والمعرضة لدرجة حرارة 65 م° والمعرضة لدرجة حرارة

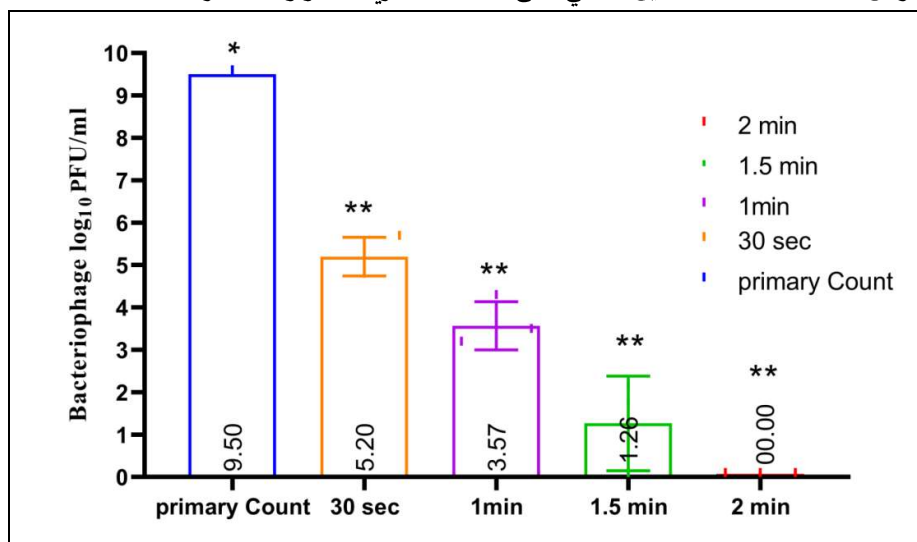
100 م مقارنة بالتعداد الأولي للعائيات، في حين لم تلاحظ فروق معنوية ما بين تعداد عائيات الإشريكية القولونية في المجموعات المعرضة لدرجة حرارة 45 م بالمقارنة مع التعداد البدئي للعائيات، كما هو موضح بالمخطط رقم (3).



مخطط رقم (3): يظهر المخطط تعداد عائيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد تعريضها لدرجات حرارة مختلفة ، حيث أشير إلى الفروق المعنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) بالاختلاف بالرمز (*)

2-4) تأثير الأشعة فوق بنفسجية:

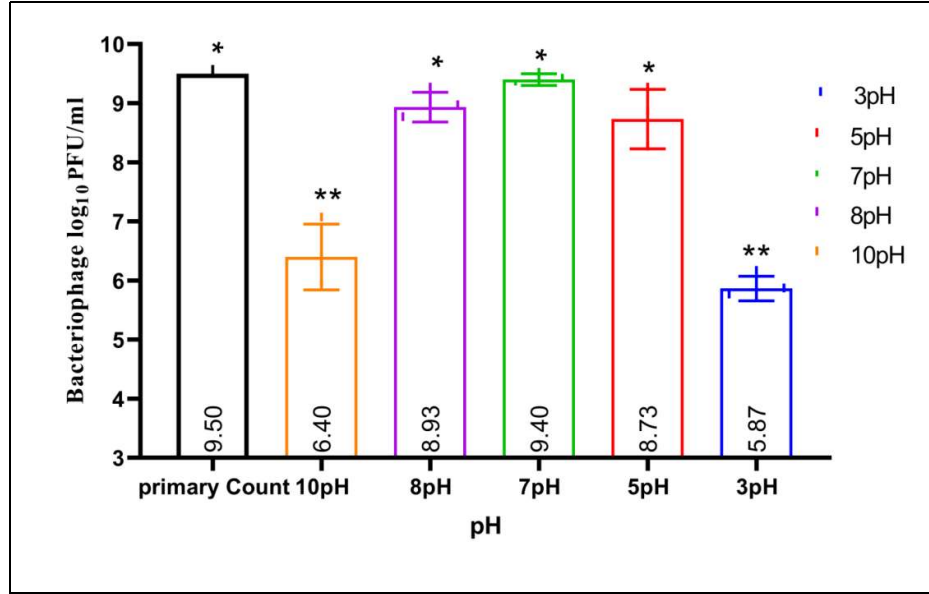
يظهر المخطط رقم (4) تفاوت تأثير تعريض عائيات جراثيم الإشريكية القولونية لأشعة UV لفترات مختلفة حيث انخفض أعداد عائيات الإشريكية القولونية بازدياد فترة التعرض إذ بينت نتائج الدراسة الإحصائية وجود فروق معنوية عند مستوى ($P \leq 0.05$) ما بين مجموعات عائيات الإشريكية القولونية المعرضة لأشعة UV والتعداد البدئي للعائيات، كما أظهرت النتائج أن التعرض لأشعة UV لمدة دقيقتين يقضي على عائيات الأشريكية القولونية المعرضة بشكل كامل.



المخطط رقم (4): يظهر المخطط تعداد عائيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد تعريضها لأشعة UV لفترات مختلفة ، حيث أشير إلى الفروق المعنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) بالاختلاف بالرمز (*)

3-4 حساسية العاثي للتغير بـ pH:

أشارت نتائج تقييم حساسية عاثيات الإشريكية القولونية للتغير في قيم pH إلى انخفاضاً ملحوظاً في الظروف الحامضية والقلوية المتطرفة حيث بينت الدراسة الإحصائية وجود فروق معنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) ما بين العاثيات المعرضة لدرجة pH 3 بالمقارنة مع التعداد الأولي للعاثيات كما لوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) ما بين العاثيات المعرضة لدرجة pH 10 بالمقارنة مع التعداد الأولي للعاثيات في حين أن الظروف المعتدلة عند درجة pH 7 و الحامضية 5 و القلوية 8 لم تؤثر على سلامة عاثيات الإشريكية القولونية إذ لم يلاحظ فروق معنوية ما بين العاثيات المخزنة في محلول pH 5 و 7 و 8 مقارنة مع التعداد الأولي للعاثيات، حيث يظهر المخطط رقم (5) تأثير التغير في درجة pH على سلامة عاثيات الإشريكية القولونية.



المخطط رقم (5): يظهر المخطط تعداد عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد تعريضها لدرجات حموضة مختلفة، حيث أشير إلى الفروق المعنوية عند مستوى ($p \leq 0.05$) بالاختلاف بالرمز (*)

5 المناقشة:

لقد تمت دراسة العاثيات الجرثومية لأكثر من مائة عام، مما مكننا من فهم العديد من الجوانب البيولوجية الحديثة، ومع ذلك لا تتوفر ولا يُستخدم أي أسلوب مشترك لحفظها. وعلى الرغم من ذلك، فإن الدراسات المنشورة التي تركز على هذه المسألة قليلة. وربما يعود هذا إلى الطبيعة المتنوعة للعاثيات الجرثومية، مما قلل من الجهود المبذولة في هذا الجانب من بيولوجيا العاثيات. وفي هذه الدراسة تم دراسة تأثير كل من الحفظ بالتبريد والتجميد، حيث أظهرت النتائج أن أفضل طريقة لحفظ العاثيات هي التبريد بدرجة حرارة 4 °م وبمقارنة دراستنا مع الدراسات السابقة نجد أنها متوافقة مع ما وجدته (Aşıhoğlu and Ayaz, 2023) في دراسته إذ تم الحفاظ على تعداد عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية H7:O157 (M8AEC16) بدون مواد واقية بشكل جيد عند 4 °C مع انخفاض غير معنوي بمقدار (log pfu/ml 0.78) بعد 6 أشهر ، كما أظهرت مجموعة العاثيات التي عرضت للتجميد بدرجة حرارة -85 °م مع إضافة الغليسرين فقد حصل انخفاض غير معنوي بمقدار (log pfu/ml 1.23) بعد 6 أشهر. كما أبلغ (Alvi et al., 2018) في دراسته على تقييم الظروف المناسبة للتخزين طويل المدى للبكتيريوفاج إذ استخدم 5 عاثيات مختلفة معزولة من مياه الصرف الصحي خاصة بجراثيم الإشريكية القولونية والسالمونيلا والإنيتروباكترا (JHP, RLP, RSP, SaPL, IttPL) عن عدم وجود انخفاض في عيار أي من العاثيات الخمس بعد التخزين لمدة عام عند 4 °C، في حين لوحظ انخفاض كبير في العيار في درجتي التجميد (-20، -80) °م. حيث أنه عند -20 °م تراوحت نسبة الانخفاض بين 25% إلى 71% في حين أنه عند -80 °م كانت الخسائر أكثر حدة تراوحت نسبة الانخفاض بين 45% إلى 100%. وفي دراسة (Phuong et al., 2022) تبين أن حفظ عاثيات

الجراثيم بدرجة حرارة 4 م° أدى إلى الحفاظ على عاثيات جراثيم السالمونيلا بنسبة 88.7% في حين أخبر عن حفظ عاثيات الجراثيم بالتجميد بدرجة حرارة -20 م° أدى إلى الحفاظ على عاثيات جراثيم السالمونيلا بنسبة 89.7% وبدرجة حرارة -80 م° بنسبة 82.9%. أن الحفاظ على البنية التركيبية والوظيفية للعاثيات يعتمد بشكل أساسي على تجنب الإجهادات الفيزيائية الناجمة عن التجميد العميق، وهو ما يفسر تفوق التخزين عند +4 م°. فقد أظهرت الدراسات السابقة أن التجميد، وخاصة عند درجات حرارة منخفضة جداً مثل -80 م° أو -196 م°، قد يتسبب في تشكل بلورات جليدية داخلية تؤدي إلى ضرر ميكانيكي للقفيصة الفيروسيّة (Capsid) وإلى اضطراب في تكوين البروتينات الأساسية للفيروس. وفي هذا الإطار، أشار (Clark *et al.*, 1962) إلى أن عمليات التجميد وإعادة التذويب (freeze-thaw cycles) قد تؤدي إلى فقدان كبير في الفعالية الحيوية للعاثيات الذيلية، وهو ما يتوافق مع ما لاحظته في (Aşıhoğlu and Ayaz, 2023) من انخفاض في العيار عند -85 م°.

علاوة على ذلك، فإن الاستقرار البنيوي للعاثيات عند +4 م° يمكن تفسيره أيضاً من خلال الحفاظ على التوازن الديناميكي للطبقة المائية المحيطة بالجسيم الفيروسي، والتي تلعب دوراً حاسماً في استقرار التفاعلات داخل القفيصة. ففي حين أن التجميد العميق قد يعطل هذه الطبقة المائية ويؤدي إلى تجفيف جزئي أو تغيير في توزيع الشحنات السطحية، فإن التبريد المعتدل يحافظ على البيئة المائية الثابتة حول الفيروس دون تعريضه لصدمة تجميد. وهذا ما أيدته دراسة (Ackermann *et al.*, 2004) التي أكدت أن العاثيات الذيلية غير المحتوية على دهون يمكن أن تحافظ على فعاليتها لسنوات عند تخزينها في وسط سائل بدرجة حرارة ثلاجة عادية، دون الحاجة إلى تجميد عميق، وقد ذكر (Weber-Dąbrowska *et al.*, 2016) أنه يمكن لبعض العاثيات أن تحافظ على عيارها عند 4 م° لمدة تصل إلى 30 سنة، كما أخبر (Merabishvili *et al.*, 2009) أن الحماية الأساسية من التبخر والتلوث كافية للحفاظ على العيار عند +4 م°، بينما قد تضيق مواد الحفظ الكيميائية مخاطر غير ضرورية أو تفاعلات جانبية مع المكونات الفيروسيّة.

يؤثر التعرض الحراري على العاثيات بشكل عميق ومتعدد الأوجه، بدءاً من التغيرات البنيوية للبروتين والقفيصة الفيروسيّة، وصولاً إلى التأثير على المادة الوراثية (DNA أو RNA) ووظائفها. تتراوح استجابات العاثيات للحرارة من التثبيت المؤقت للنشاط عند درجات حرارة معينة إلى التعطيل الكامل والإبادة الحرارية عند تجاوز عتبات حرجية، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة فعالية عاثيات جراثيم الإشريكية القولونية بعد تعريضها لإجهاد حراري بدرجات حرارة مختلفة، إذ انخفض تعداد عاثيات الإشريكية القولونية عند درجة الحرارة 55 م° وقد توافقت نتائج هذه الدراسة مع ما وجدته (Zhang *et al.*, 2025) عند استخدام خليط من عاثيتين لـ K. pneumonia (Kp7 + Kp11)، أدت المعالجة الحرارية بدرجة حرارة 50 م° لمدة 90 دقيقة أيضاً إلى انخفاض في عدد لويحات العاثيات (PFUs) مقارنة بالتعداد المبدئي، وقد أعزوا الباحثين أن السبب هو خلل في مرحلة لاحقة من دورة العدوى، وهي حقن الحمض النووي. حيث أظهرت النتائج أن كمية الحمض النووي للعاثية التي دخلت الخلية البكتيرية انخفضت بشكل كبير بعد المعالجة الحرارية، حيث يرتبط هذا الخلل في الحقن بـ تغييرات منهجية في الغلاف الخلوي البكتيري (الغشاء الخارجي والمحفظة). حيث يؤدي الإجهاد الحراري إلى انخفاض في تركيز العديد من بروتينات الغلاف مما قد يؤثر على البروتينات الضرورية التي تعمل كـ "مستقبلات ثانوية" لبدء عملية حقن الحمض النووي، حتى لو بقي المستقبل الأساسي سليماً. كما أظهرت نتائج (Taj *et al.*, 2014) أن نطاق النشاط الحراري للعاثية T4 ضد الإشريكية القولونية BL21 يتراوح بين 15 م° و 41 م°، مع ذروة الكفاءة عند 37 م°. وتعمل العاثية بشكل ضعيف كلما ابتعد خارج هذا النطاق. كما أشارت نتائج (Pope *et al.*, 2004) إلى زيادة إنتاج العاثية حتى درجات حرارة تقارب 39 م°. هذه النتيجة متوافقة مع (Basdew and Laing, 2014) التي أشارت إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تقليل بقاء ونشاط الفيروسات بسبب تغير في بنية البروتينات الفيروسيّة وإتلاف الحمض النووي. في حين أظهرت نتائج (El-Tarabily, 2019) أن العاثيات (Ø1, Ø2, Ø3) الخاصة بـ Escherichia coli O157:H7

Bacillus subtilis و *Salmonella enteritidis* على التوالي كانت حساسة لدرجات الحرارة المرتفعة بنسب متفاوتة إذ أن Ø1 كانت مقاومة للحرارة بشكل أكبر من Ø2، Ø3، حيث انخفضت قدرتها على البقاء والتكاثر مع زيادة درجة الحرارة وطول فترة التعريض، إذ أنها عند 45°م لمدة 15 دقيقة لم يظهر انخفاض معنوي في عدد اللويحات (PFU) للعائيات Ø1 و Ø2، بينما انخفضت بنسبة طفيفة لـ Ø3، وعند 55°م لمدة 30 دقيقة انخفضت أعداد العائيات Ø2 بنسبة 72.18% و Ø3 بنسبة 45.3%، بينما انخفضت Ø1 بشكل أقل بنسبة 4% وعند 65°م لمدة 30 دقيقة انخفضت أعداد جميع العائيات بشكل ملحوظ خاصة Ø2 بنسبة 83.12% و Ø3 بنسبة 82.96% فيح انخفضت Ø1 بنسبة 22.9%. في حين أن الغليان 100°م أدى إلى تدمير كامل للعائيات بعد 5-10 دقائق حيث أصبحت PFU صفراً.

تبرز الأشعة فوق البنفسجية (UV) كأحد العوامل الأكثر انتشاراً وتأثيراً على الأنظمة البيولوجية الدقيقة. بينما تستخدم هذه الإشعاعات على نطاق واسع لأغراض التعقيم والتطهير لقدرتها المدمرة على الميكروبات، تم دراسة تأثير تحمل عائيات الجراثيم للأشعة فوق البنفسجية وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة انخفاض ملحوظ بزيادة فترة التعرض للأشعة فوق البنفسجية وهذا ما يوافق دراسة (El-Tarabily, 2019) إذ أظهرت العائيات (Ø1، Ø2، Ø3) حساسية متفاوتة للمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية (UV)، حيث كانت Ø1 هي الأكثر مقاومة، بينما كانت Ø2 هي الأكثر حساسية. إذ أنه عند 30 ثانية من التعرض للأشعة فوق البنفسجية، لم يظهر انخفاض معنوي في عدد اللويحات (PFU) للعائيات Ø1 والعائيات Ø3، في حين انخفضت Ø2 بشكل حاد بنسبة 74.34%. أما عند 60 ثانية حافظت Ø1 على مقاومة عالية، بينما تزايد فقدان Ø2 إلى 81.19%، وانخفضت Ø3 بشدة إلى 82.07%. وعند 120 ثانية، أصبحت العائيتان Ø2 و Ø3 غير فعالتين تماماً (فقدان 100%)، في حين انخفضت فعالية Ø1 بنسبة 88.74% و عند 180 ثانية فما فوق، أدى التعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى تدمير كامل لجميع العائيات (Ø1، Ø2، Ø3).

تعد طبيعة المادة الوراثية العامل الأكثر أهمية في تحديد الحساسية للأشعة فوق البنفسجية، تسبب الأشعة فوق البنفسجية تكون روابط تساهمية بين القواعد النيتروجينية المتجاورة في سلسلة الحمض النووي/الريبي النووي، تُعرف باسم ثنائيات البيريميدين (Pyrimidine Dimers)، وأكثرها شيوعاً ثنائيات الثايمين (Thymine Dimers) في الحمض النووي DNA (Rastogi *et al.*, 2010). العائيات ذات الحمض النووي DNA ثنائي السلسلة (dsDNA) هي الأكثر حساسية عموماً حيث يمتص DNA الأشعة فوق البنفسجية بقوة عند حوالي 260 نانومتر، مما يؤدي إلى تكوين ثنائيات الثايمين التي تشوه حلزون DNA وتعطل عمليات النسخ والاستنساخ (Sinha and Häder, 2002). هذا قد يفسر الحساسية العالية للعائيات Ø2 في دراسة (El-Tarabily, 2019) أما العائيات ذات الحمض النووي DNA أحادي السلسلة (ssDNA) قد تكون أقل حساسية قليلاً من dsDNA لأن بنيتها أحادية السلسلة قد تمنع تكون بعض أنواع الثنائيات، والعائيات ذات الحمض الريبوزي RNA غالباً ما تكون أكثر مقاومة إذ يمتص RNA الأشعة فوق البنفسجية بقوة أقل و نظراً لأن RNA عادة ما يكون أحادي السلسلة، فإن تكون "ثنائيات البوراسيل" أقل كفاءة أو استقراراً منه في DNA ثنائي السلسلة بالإضافة إلى ذلك، قد يكون الضرر الناجم عن الأشعة فوق البنفسجية على RNA غير مباشر أكثر، مرتبطاً بتكوين أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) التي تؤكد القواعد (Kovacs and Kessler, 2018) كما يلعب الغلاف البروتيني (Capsid) للعائيات دور درع وقائي للمادة الوراثية وتحدد سماكته، ومدى تجانسه، وطبيعة الطي البروتيني مدى نفاذية الأشعة فوق البنفسجية داخله (Bosshard *et al.*, 2010).

كما أنه أهم المعايير لاختيار العائيات لمكافحة البكتيريا الممرضة هو ثباتها أثناء التخزين، وكذلك تحت ظروف التطبيق المحددة (Duyvejonck *et al.*, 2021) في هذه الدراسة، تم تقييم ثبات عائيات الأشريكية القولونية عند التعرض لقيم الأس الهيدروجيني (pH) المختلفة لتحديد الظروف المثلى للحفاظ على حيويتها حيث تقدم نتائج هذه الدراسة رؤى حول تأثير الظروف الحامضية والقلوية المختلفة على تركيز العائيات.

تشير نتائج تقييم ثباتية العاثية عند درجات الـ pH المختلفة إلى أن الظروف المتعادلة هي الأكثر ملاءمة للحفاظ على سلامة عاثية الأشركية القولونية وقدرتها على العدوى. هذه النتائج تتوافق مع الدراسات السابقة التي أبلغت عن أن العاثيات المختلفة تميل إلى الحفاظ على ثباتها في ظروف قريبة من التعادل، وهو عامل مهم لكل من التخزين والتطبيق في مكافحة البيولوجية للبكتيريا الممرضة (Shahin *et al.*, 2021; Xiao *et al.*, 2022).

في المقابل، أدت كل من الظروف الحمضية (pH 3) والقلوية (pH 10) إلى انخفاض ملحوظ في تركيز العاثية. ترتبط مستويات الأس الهيدروجيني المتطرفة هذه بتأثيرات ضارة على البنية الفيروسية، على الأرجح بسبب تغير طبيعة البروتينات أو تلف القفيصة (Capsid)، مما يقلل من قدرة العاثية على إصابة البكتيريا المضيفة بشكل فعال (Majewska *et al.*, 2023; Sada and Tessema, 2024). وبالتالي يمكن لهذه الظروف القاسية أن تضر بجدوى ووظيفة العاثية.

وفي دراسة (Amarillas *et al.*, 2025) على عاثيات Multidrug-resistant *Escherichia coli* (Alux-21) المعزولة من روث الماشية، إذ تم قياس تعداد العاثية القابلة للحياة بوحدة PFU/ml بعد تعريضها لكل درجات حموضة مختلفة لمدة ساعة واحدة عند 37°م حيث أظهرت النتائج انخفاضاً في تعداد عاثيات الجراثيم في درجات الحموضة المتطرفة مقارنة بتعداد العاثيات المحضنة بدرجة حموضة 7، حيث أظهرت النتائج انخفاض في تعداد العاثيات المعرضة لدرجة حموضة 5 بمقدار $1.5 \log_{10}$ PFU/ml أما في درجة حموضة 3 كان الانخفاض أكبر بمقدار $3.5 \log_{10}$ PFU/ml أما في درجات الـ pH القلوية فقد كان الانخفاض في تعداد عاثيات الجراثيم في درجة حموضة 9 بمقدار 1.8 $\log_{10}$ PFU/ml وفي درجة الـ pH 11 فقد كان الانخفاض بمقدار 4 $\log_{10}$ PFU/ml مقارنة بتعداد العاثيات في درجة pH 7 الذي أبدى ثباتية وقد بلغ $8 \log_{10}$ PFU/ml.

6) الاستنتاجات:

نستنتج من هذه الدراسة :

- 1) أفضل طريقة حفظ عاثيات جراثيم الأشركية القولونية بالتبريد بدرجة حرارة 4 م
- 2) تتحمل عاثيات جراثيم الإشركية القولونية درجة حرارة 45 م ويبدأ عددها بالانخفاض بدرجة حرارة 55 م
- 3) يمكن القضاء على عاثيات جراثيم الإشركية القولونية بتعريضها لأشعة UV لمدة دقيقتين.
- 4) إن تعرض عاثيات الجراثيم لدرجات حموضة متطرفة يؤدي إلى اتلافها.

7) التوصيات:

- 1) دراسة حفظ عاثيات الجراثيم بالتبريد لفترات أكثر من سنة.
- 2) دراسة حفظ عاثيات الجراثيم بالتجميد مع إضافة واقيات.
- 3) دراسة ثبات عاثيات أخرى للعوامل الفيزيائية والكيميائية.

8) المراجع:

- 1) Abedon ST, Kuhl SJ, Blasdel BG, Kutter EM. (2011). Phage treatment of human infections. *Bacteriophage*, 1(2): 66–85.
- 2) Ackermann, H.W. (2007). 5500 phages examined in the electron microscope. *Arch. Virol.*, 152: 227–243.

- 3) Ackermann, H.W., Tremblay, D., Moineau, S., (2004). Long-term bacteriophage preservation. World Fed. Cult. Collect. Newslett. 38, 35–40.
- 4) Albaker. A, Saleh.M, and Alsaleh. A.(2025). Detection of virulence factors of Escherichia Coli strains isolated from calves diarrhea and their resistance to antibiotics in Hama Governorate, Syria, Open Veterinary Journal,12(15)1 – 8.
- 5) Alvi, I.A., Asif, M., Tabassum, R., Abbas, Z., Rehman, S., 2018. Storage of bacteriophages at 4°C leads to no loss in their titer after one year. Pakistan J. Zool. 50, 2395–2398.
- 6) Amarillas, L., León-Chan, R., López-Avendaño, E., González-Balcázar, A., Padilla, J., Lightbourn-Rojas, L., & Estrada-Acosta, M. (2025). Isolation and characterization of a novel bacteriophage as a biological control agent against multidrug resistant Escherichia coli in compost and agricultural irrigation water. F1000Research, 13, 1521.
- 7) Aşıroğlu, N. F., & Ayaz, N. D. (2023). Comparison of various storage conditions for the stability of Escherichia coli O157:H7 bacteriophage M8AEC16. Journal of Independent Veterinary and Animal Research (JIVAR), 6(3), 96–101.
- 8) Basdew, I. H., & Laing, M. D. (2014). Stress sensitivity assays of bacteriophages associated with Staphylococcus aureus, causal organism of bovine mastitis. African Journal of Microbiology Research, 8(2), 200–210.
- 9) Bonhivers, M., & Letellier, L. (1995). Calcium controls phage T5 infection at the level of the Escherichia coli cytoplasmic membrane. FEBS Letters, 374 (2), 169–173.
- 10) Bonilla, N., Rojas, M.I., Netto Flores Cruz, G., Hung, S.H., Rohwer, F., Barr, J.J., (2016). Phage on tap—a quick and efficient protocol for the preparation of bacteriophage laboratory stocks. PeerJ. 4, e2261.
- 11) Bosshard, F., Riedel, K., Schneider, T., Geiser, C., Bucheli, M., & Egli, T. (2010). Protein oxidation and aggregation in UVA-irradiated Escherichia coli cells as signs of accelerated cellular senescence. Environmental Microbiology, 12(11), 2931–2945
- 12) Brussow, H. (2005). Phage therapy: the Escherichia coli experience. Microbiol., 151(7): 2133–2140.
- 13) Clark, W. A., Horneland, W., & Klein, A. G. (1962). Attempts to freeze some bacteriophages to ultralow temperatures. Applied Microbiology, 10(5), 463–465.
- 14) Duyvejonck, H., Merabishvili, M., Vaneechoutte, M., de Soir, S., Wright, R., Friman, V.–P., & Verbeken, G. (2021). Evaluation of the stability of bacteriophages in different solutions suitable for the production of magistral preparations in Belgium. Viruses, 13(5).

- 15) El-Tarabily, K. A. (2022). An innovative and safe study using a cocktail of bacteriophage viruses to ensure food quality and safety in the United Arab Emirates. *Ajman Journal of Studies and Research*, 18(1), 1–41.
- 16) Endersen, L. Omahony, J.C. Hill, R.P. Ros, O. (2014). McAuliffe, and Coffey, A., *Annual Review in Food Science and Technology* , 5, pp. 327–49.
- 17) Golec, P., Dąbrowski, K., Hejnowicz, M.S., Gozdek, A., Loś, J.M., Węgrzyn, G., Lobočka, M.B., Loś, M., (2011). A reliable method for storage of tailed phages. *J. Microbiol. Methods*. 84, 486–489.
- 18) Gomez–Duarte, O. G., Y. C. Romero–Herazo, C. Z. Paez– Canro, J. H. Eslava–Schmalbach, and O. Arzuza (2013). Enterotoxigenic *Escherichia coli* associated with childhood diarrhoea in Colombia, South America. *J. Infect. Dev. Ctries.*, 7(5): 372–381.
- 19) Housby, J. N. and N. M. Mann (2009). Phage therapy. *Drug. Dis. Today.*, 14(11–12): 536–540.
- 20) Jończyk, E., Kłak, M., Międzybrodzki, R., & Górski, A. (2011). The influence of external factors on bacteriophages—review. *Folia Microbiologica*, 56(3), 191–200.
- 21) Kaper, J. B., J. P. Nataro, and H. L. T. Mobley (2004). *Athogenic Escherichia Coli*. *Nat. Rev. Microbiol.*, 2: 123–40.
- 22) Khawaja, K.A., Rauf, M. and Abbas, Z., 2016. *J. Basic Microbiol.*, 56: 1090–1097.
- 23) Kobayashi, D.Y., and Palumbo, J.D. (2000). Bacterial endophytes and their effects on plants and uses in agriculture. In ‘ *Microbial Endophytes*’. (Eds CW Bacon, JF White). Marcel Dekker, Inc., New York, USA .
- 24) Kovacs, T., & Kessler, C. (2018). UV inactivation of common viral pathogens in water: A review. *Journal of Water and Health*, 16(2), 181–196.
- 25) Łobočka, M., Dąbrowska, K., & Górski, A. (2021). Engineered bacteriophage therapeutics: Rationale, challenges and future. *Biotechnology Advances*, 50, 107762.
- 26) Majewska, J., Międzybrodzki, R., Szymczak, A., Borysowski, J., & Górski, A. (2023). Evolution of T4 phage virus in different selection pressures from non–bacterial factors. *Microbiology Spectrum*, 11(5), e01515–23.
- 27) Malik, D. J., Sokolov, I. J., Vinner, G. K., Mancuso, F., Cinquerrui, S., Vladislavjevic, G. T., Clokie, M., Garton, N.J., Stapley, A., Kirpichnikova, A., (2017). Formulation, stabilisation and encapsulation of bacteriophage for phage therapy. *Adv. Colloid. Interface Sci.* 249, 100–133.
- 28) Merabishvili, M., Pirnay, J.–P., Verbeken, G., Chanishvili, N., Tediashvili, M., Lashkhi, N., Glonti, T., Krylov, V., Mast, J., Van Parys, L., Lavigne, R., Volckaert, G., Mattheus, W., Verween, G., De Corte, P., Rose, T., Jennes, S., Zizi, M., De Vos, D., &

- Vaneechoutte, M. (2009). Quality-controlled small-scale production of a well-defined bacteriophage cocktail for use in human clinical trials. PLOS ONE, 4(3), Article e4944.
- 29) Monk, A. B., C. D. Rees, P. Barrow, S. Hagens, and D.R. Harper (2010). Bacteriophage application; where are we now?. Letter. Appl. Microbiol., 51: 363–369.
- 30) Müller–Merbach, M., Rauscher, T., & Hinrichs, J. (2005). Inactivation of bacteriophages by thermal and high–pressure treatment. International Dairy Journal, 15(6–9), 777–784.
- 31) Novik, G., Sidarenka, A., Rakhuba, D., Kolomiets, E., (2009). Cryopreservation of bifidobacteria and bacteriophages in belarusian collection of non–pathogenic microorganisms. J. Cult. Collect. 6, 76–84.
- 32) Pallavali, R.R.; Degati, V.L.; Lomada, D.; Reddy, M.C. and Durbaka, V.R. P. (2017). Isolation and in vitro evaluation of bacteriophages against MDR bacterial isolates from septic wound infections. PloS one., 12(7), 1–16.
- 33) Phuong, L. N. N., Anh, L. H., Huan, P. K. N., Loc, H. T., Trang, C. T. H., Mo, T. T. H., Xuan, N. H., & Ngu, N. T. (2022). The effect of different media and temperature conditions for Salmonella bacteriophage preservation. Veterinary Integrative Sciences, 20 (2), 489–498.
- 34) Rastogi, R. P., Richa, Kumar, A., Tyagi, M. B., & Sinha, R. P. (2010). Molecular mechanisms of ultraviolet radiation–induced DNA damage and repair. Journal of Nucleic Acids, 592–580.
- 35) Sada, T. S., & Tessema, F. S. (2024). Isolation and characterization of lytic bacteriophages from various sources in Addis Ababa against antimicrobial–resistant diarrheagenic Escherichia coli strains and evaluation of their therapeutic potential. BMC Infectious Diseases, 24(1), 229.
- 36) Shahin, K., Barazandeh, M., Zhang, L., Hedayatkah, A., Mansoorianfar, M., & Pang, H. (2021). Biodiversity of new lytic bacteriophages infecting Shigella spp. in freshwater environment. Frontiers in Microbiology, 12.
- 37) Sinha, R. P., & Häder, D. P. (2002). UV–induced DNA damage and repair: A review. Photochemical & Photobiological Sciences, 1(4), 225–236.
- 38) Summers, W. C. (2001). Bacteriophage therapy. Annu. Rev. Microbiol., 55: 437–451.
- 39) Taj, M. K., Ling, J. X., Bing, L. L., Qi, Z., Taj, I., Hassani, T. M., Samreen, Z., & Yunlin, W. (2014). Effect of dilution, temperature and pH on the lysis activity of T4 phage against E. coli BL21. The Journal of Animal & Plant Sciences, 24 (4), 1252–1255.
- 40) Weber–Dąbrowska, B., Jończyk–Matysiak, E., Żaczek, M., Łobocka, M., Lusiak–Szelachowska, M., & Górski, A. (2016). Phage therapy as a novel strategy in the treatment of urinary tract infections caused by E. coli. Frontiers in Microbiology, 7, 1177.

- 41) Xiao, Y., Huang, P., Huang, Z., Liu, C., Zhang, J., & Huang, A. (2022). Influencing factors on the preservation of lytic bacteriophage vB_KpnS_IME279. Biosafety and Health, 4(5), 314–320.
- 42) Zhang, F., Chen, H.-Z., Zheng, B., Huang, L., Xiang, Y., Zhang, J.-R., & Liu, J.-F. (2025). Heat stress induces phage tolerance in Enterobacteriaceae. eLife, 14, RP105703.

دراسة مقارنة لتأثيرات الأعلاف الطافية والغارقة على أداء النمو ونسبة التحويل الغذائي في أسماك البلطي النيلي (*Oreochromis niloticus*) تحت الظروف المخبرية

قصي حامد الحمداني* عبد الكريم طاهر يسر** كاظم حسن يونس***

عامر عبد الله جابر**** خالد وليم مايكل*****

(الإيداع: 9 تشرين الأول 2025. القبول: 1 شباط 2026)

الملخص:

استغرقت هذه الدراسة 60 يوماً لتقييم تأثير نوعين من النظام الغذائي التجاري (العائم والغاطس) على أداء النمو وكفاءة التحويل الغذائي لصغار أسماك البلطي النيلي (*Oreochromis niloticus*) التي تم تربيتها في خزانات بلاستيكية في ظل ظروف معملية خاضعة للرقابة. تم استخدام الأسماك الصغيرة بمتوسط وزن ابتدائي بلغ 13.53 ± 1.16 غ. أظهرت النتائج تفوقاً كبيراً للأعلاف العائمة على الأعلاف الغاطسة، حيث كشف التحليل الإحصائي عن اختلافات جوهرية ($P < 0.05$) بين المعاملات A (الأعلاف الغاطسة) و B (الأعلاف العائمة) في معظم معايير النمو. سجلت المعاملة B أعلى وزن نهائي قدره 18.90 غ مقارنة بـ 16.80 غ في المعاملة A. كما حققت المعاملة B أعلى زيادة إجمالية في الوزن قدرها 5.36 غ، مقارنة بـ 3.28 غ في المعاملة A. وفيما يتعلق بمعدلات النمو، كانت أعلى القيم لمعدلات النمو النسبي والنوعي لصالح (الأعلاف العائمة) المعاملة B، مما يشير إلى كفاءتها في دعم النمو السريع. كما سجلت المعاملة (B) أفضل معامل تحويل غذائي (FCR) بلغ 2.65، مما يدل على كفاءة استخدام أفضل للأعلاف العائمة. ويُعزى تفوق الأعلاف العائمة إلى محتواها العالي من البروتين وانخفاض فقدانه أثناء التغذية، مما ينعكس إيجاباً على أداء النمو وتحسين كفاءة التحويل الغذائي لصغار أسماك البلطي النيلي.

الكلمات المفتاحية: الأعلاف العائمة، الأعلاف الغاطسة، سمك البلطي النيلي، أداء النمو، معدل البقاء.

*أستاذ - اختصاص تغذية وتكنولوجيا أسماك الفقرات البحرية - مركز علوم البحار - جامعة البصرة - العراق.

** أستاذ - اختصاص فسلجة أسماك - مركز علوم البحار - جامعة البصرة - العراق.

*** أستاذ - اختصاص تقييم بيئي - مركز علوم البحار - جامعة البصرة - العراق.

****أستاذ - اختصاص تربية احياء مائية - مركز علوم البحار - جامعة البصرة - العراق.

***** أستاذ مساعد - اختصاص تغذية اسماك - مركز علوم البحار - جامعة البصرة - العراق.

A Comparative Study on the Effects of Floating and Sinking Feeds on Growth Performance and Feed Conversion Ratio in Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Under Laboratory Conditions

Qusai Hamed Al-Hamdani* Abdul Karim Taher Yassar Kazem Hassan Younis***
Amer Abdullah Jaber**** Khalid William Michael*******

(Received: 9 October 2025, Accepted: 1 February 2026)

Abstract:

This 60-day study evaluated the effect of two commercial diet types (floating and sinking) on the growth performance and feed conversion efficiency of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in plastic tanks under controlled laboratory conditions. Juvenile fish were used with an average initial weight of 13.53 ± 1.16 g. The results demonstrated a significant superiority of the floating feeds over the sinking feeds, with statistical analysis revealing substantial differences ($P < 0.05$) between treatments A (sinking feeds) and B (floating feeds) in most growth parameters. Treatment B recorded the highest final weight of 18.90 g, compared to 16.80 g in treatment A. Treatment B also achieved the highest total weight gain of 5.36 g, compared to 3.28 g in treatment A. Regarding growth rates, the highest values for relative and specific growth rates favored the floating feeds (Treatment B), indicating their efficiency in supporting rapid growth. Also, Treatment B recorded the best Feed Conversion Ratio (FCR) of 2.65, indicating better utilization efficiency of the floating feeds. The superiority of the floating feeds can be explained by its high protein content and low protein loss during feeding, which positively reflects on growth performance and improved feed conversion efficiency of Nile tilapia juveniles. There were no significant differences observed in the survival rate of Nile tilapia, which ranged from 98.3% to 98.1%.

Keywords: floating feeds, sinking feeds, Nile tilapia, growth performance, survival rate.

*Professor - Specialization in Nutrition and Technology of Marine Vertebrate Fish - Marine Science Center - University of Basrah - Iraq.

**Professor - Specialization in Fish Physiology - Marine Science Center - University of Basrah - Iraq.

***Professor - Specialization in Environmental Assessment - Marine Science Center - University of Basrah - Iraq.

****Professor - Specialization in Aquaculture - Marine Science Center - University of Basrah - Iraq.

*****Assistant Professor - Specialization in Fish Nutrition - Marine Science Center - University of Basrah - Iraq.

Introduction:

The aquaculture sector is experiencing rapid growth worldwide, making it one of the most advanced food production activities in recent decades. This expansion is attributed to its ability to effectively contribute to meeting the growing demand for animal protein, in addition to its role in improving livelihoods by increasing income and creating job opportunities in coastal and rural communities (Endalew *et al.*, 2020; Graham *et al.*, 2023). Among the vital elements that directly impact production efficiency in aquaculture projects, fish nutrition stands out as a crucial factor. The feeding systems used influence growth rates, improve feed conversion, and reduce feed waste, improving production quality and operational costs (Azzaydi *et al.*, 2000; Mounes *et al.*, 2024).

Producing high-quality, marketable fish at a low cost is a primary goal in aquaculture activities. Therefore, nutrition is one of the most prominent daily management practices. Inappropriate feeds or ineffective feeding strategies can negatively impact overall farm performance. Hence, it is essential to select the appropriate feed quality and implement effective feeding systems as pivotal operational factors contributing to technical and economic success, primarily since feeding costs represent a significant proportion of the total operating budget (Fernandes *et al.*, 2024).

Feed is an essential component of intensive fish farming systems due to its direct impact on growth rates, body composition, and health status of farmed fish and its decisive role in determining the economic viability of fish farms (Fernández Sánchez *et al.*, 2023; Rodríguez-Hernández, *et al.* 2025). Feed is also one of the most prominent components of operational costs, which may hinder the expansion of fish production when they are high (Sorensen, 2012).

Commercial fish feeds are widely available and are classified based on their physical properties, particularly buoyancy, into two main types: floating and sinking. Sinking feeds are often manufactured locally using raw materials available in the local markets, while floating feeds require more complex manufacturing processes such as extrusion, which increases their cost (Kannadhasan *et al.*, 2009; Adewumi and Olaleye, 2011). Good feeds must contain all essential nutrients, including proteins, fats, minerals, and vitamins, in carefully considered proportions and a balanced composition that meets the nutritional requirements of farmed fish species (Mustapha *et al.*, 2014). These feeds should also be highly palatable, attractive to fish, and affordable for fish farmers, ensuring good economic returns (Diyaolu, 2012). Despite the low cost of sinking feeds, most do not meet ideal quality and nutritional balance standards, leading many farmers to prefer floating feeds. The advantage of floating feeds is that they are easy to monitor fish consumption, in addition to reducing the energy expended by fish to obtain food, given that they remain on the water surface, which is positively reflected in the efficiency of food conversion and growth performance (Saleh and El-Far, 2023) (Morgina *et al.*, 2025). A study by Nwokocha and Nwokocha (2013) showed that fish farmers prefer floating feeds in pond culture systems, allowing for easy monitoring of feeding rates and satiation levels. However, some fish species, especially demersal species, prefer sinking feeds, which poses a challenge in mud ponds due to increased water turbidity, which hinders fish visibility and affects the assessment of actual feeding (Kadye and Booth, 2012).

Whether floating or sinking, the choice of diet type is a significant factor influencing growth performance, survival rates, and the overall success of aquaculture projects (Hossain *et al.*, 2018). Despite this importance, many studies on fish nutrition do not adequately address the physical properties of feed, such as buoyancy or sinking ability, hardness, and hydrostatic stability. These properties may influence fish's feeding behavior and biological responses. Ignoring these variables may lead to experimental biases that affect the accuracy of scientific interpretation of results.

This study aims to evaluate and compare the effects of using two different feed types-sinking and floating feeds-on the productive performance of juvenile Nile tilapia (*O. niloticus*). This comparison includes an analysis of differences in growth rates, feed utilization efficiency, and feed conversion ratios to identify the optimal diet type that achieves the highest production and economic efficiency in intensive aquaculture systems.

Materials and Methods

Experimental Design

Juvenile Nile tilapia (*O. niloticus*) were obtained from the fish farm of the Marine Science Center at the University of Basrah and transported to the laboratory for experimentation. The average initial weight of the fish was 13.53 ± 1.16 grams. The fish were distributed in 45-liter plastic tanks equipped with a continuous aeration system. These tanks were sterilized with a 200 ppm sodium hypochlorite solution for one hour. The fish underwent a three-day acclimatization phase before the experiment began under the same laboratory conditions. Two types of commercial diets available in local markets in Basrah Governorate were used: the sinking feeds (A) and the floating feeds (B).

The basic chemical components (moisture, crude protein, crude fat, ash, and crude fiber) were determined according to the standard methods set forth by the American Society of Agricultural Chemistry (A.O.A.C., 1990), while the carbohydrate content was calculated mathematically according to Al-Aswad (2000). Dietary energy (kcal/100g) was calculated based on (Changsu *et al.*, 2021), using the following formula:

Energy (kcal/100g) = (protein % $\times$ 5.56) + (carbohydrate % $\times$ 4.45) + (fat % $\times$ 9.2)

Nutritional Experiment

The study included two feeding experiments using two treatments, each with three replicates. Nile tilapia juveniles were randomly distributed at the beginning of the experiment into six plastic tanks, with 10 fish per tank. The experimental feed was provided at a rate of 3% of the total fish weight daily, once at 9:00 a.m., and the experiment lasted for 60 days. Fish weights were recorded every 15 days to adjust the feed intake according to weight change. 30% of the tank water was replaced daily to maintain water quality, and unconsumed feed residues were removed using a siphon method. Environmental parameters of the tank water were monitored throughout the experiment, including temperature (C°), dissolved oxygen concentration (mg/L), and pH, using a multi-meter (YSI MPS 556 USA).

Some biological parameters were studied, according to Jobling (1993):

Weight gain (g) = final weight (g) - initial weight (g)

Relative growth rate (%) = [weight gain (g) / initial weight (g)] $\times$ 100

Specific growth rate (g%/day) = {ln of final weight (g) – ln of initial weight (g)} /

Duration in days $\times$ 100

Fed conversion ratio = Weight of feed consumed (g) / Weight gain of fish (g)

The survival rate (%) was calculated according to the equation mentioned in Carlos (1988):

Survival rate (%) = [Number of fish at the beginning of the experiment / Number of fish at the end] $\times$ 100.

Statistical Analysis

A completely randomized design (CRD) was used to distribute the coefficients, and the resulting data were analyzed using SPSS (2000) statistical software. A comparison of significant differences between coefficients was performed at a probability level of 0.05, according to the method described by Al-Rawi and Khalafallah (2000).

Results and Discussion

The nutritional requirements of any farmed fish depend on several factors, including fish species and size, as well as other environmental parameters such as water temperature, physiological condition, and stress (Piska and Naik, 2013). Some ecological factors were monitored during the different periods of the experiment. Water temperature ranged between

24.6°C and 26.2°C, dissolved oxygen concentration ranged from 6.5 to 6.8 mg/L, and pH ranged from 6.7 to 6.8. The measurement results indicated that all of these environmental parameters fall within the optimal limits for raising Nile tilapia juveniles, as confirmed by Abdel-Hakim *et al.* (2002) and Abdelhamid *et al.* (2002), who considered these values suitable for the growth of this species. Nile tilapia juveniles responded well to the commercial feeds used in the experiment after a short acclimatization period.

Figures 1 and 2 illustrate the chemical composition of the sinking and floating feeds, with 25.1% and 31.58% crude protein contents, respectively. These levels are consistent with recent recommendations for protein requirements in Nile tilapia diets during the grow-out phase. Novodworski *et al.* (2024) indicated that the optimum crude protein level is approximately 29.8% when using fishmeal-free diets. Meurer *et al.* (2025) demonstrated that reducing protein levels to approximately 25–30%, while enriching the diet with essential amino acids, contributes to good growth performance and improved protein utilization efficiency, which enhances environmental sustainability in intensive aquaculture systems. In this regard, Santiago and Lovell (1988) recommended an optimum protein requirement for Nile tilapia growth of 25–35%, and the dietary protein content in the current study is consistent with their recommendations.

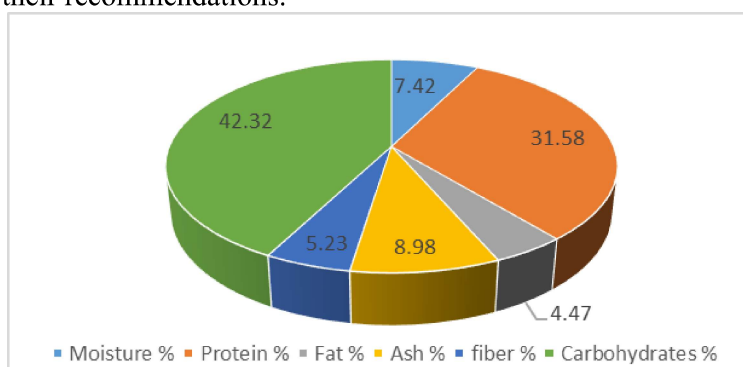


Figure (1): The chemical composition of the floating feeds used in the feeding experiment.

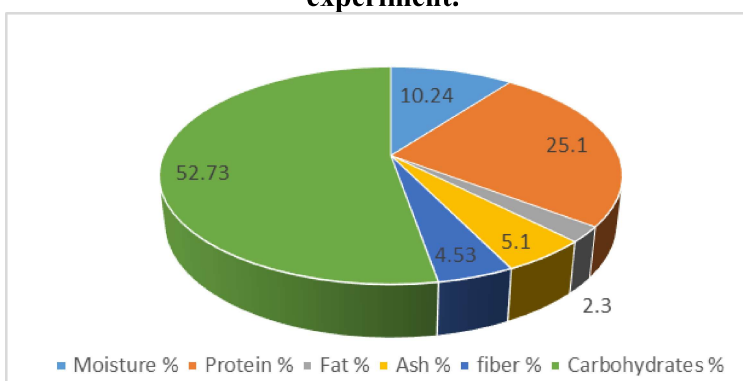


Figure (2): The chemical composition of the sinking feeds used in the feeding experiment.

The analysis results showed that the floating feeds contained higher percentages of crude fat and energy values compared to the sinking feed, recording 4.47% crude fat and 405.02 kcal/100 g of feed, compared to 2.30% fat and 395.35 kcal/100 g in the sinking feed. Figure (3) shows the energy values of the two feeds. It was also found that the ash percentage was higher in the floating feed (8.98%) compared to 5.10% in the sinking feed, reflecting a significant difference in the nutritional composition between the two types (El Sayed, 2019).

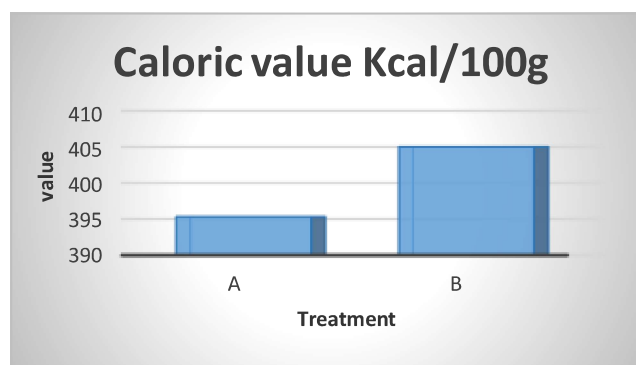


Figure (3): Energy values in the diets used during the experiment

Data from Table 1 on growth parameters during the feeding trial period showed no significant differences ($P>0.05$) between treatments A and B concerning the initial weight averages, which reached 13.52 g and 13.54 g, respectively, indicating the homogeneity of the fish at the start of the trial. However, statistical analysis revealed significant differences ($P<0.05$) in the final weight averages, relative growth rate, specific growth rate, and feed conversion efficiency between the two groups. Treatment B, which used a diet containing 31.58% protein, outperformed treatment A in production performance, recording a total weight gain of 5.36 g compared to 3.28 g in treatment A. This indicates that Nile tilapia juveniles could utilize higher protein more efficiently under the current study conditions, making this protein level suitable for improving growth. These results are consistent with the findings of El-Sayed (2019), which indicated that Nile tilapia exhibits the best growth rates when diets containing 30–32% protein, especially in the early stages of growth. The results of the current study support the findings of Amany *et al.* (2019), who found that increasing the protein level in the feed is associated with increased growth rates and feed conversion efficiency in tilapia, provided that the feed components are balanced. This superiority is partly attributed to the type of diets used (floating or sinking), as the kind of diet plays a vital role in feeding efficiency. Recent studies have shown that floating feeds contribute to improving growth performance due to their ease of consumption by fish and reducing waste, compared to sinking feeds, which may lose part of their nutritional value at the bottom of the pond. This makes choosing the diet a key factor in improving feeding efficiency and growth (Paulpandi *et al.*, 2024).

Table 1: Growth parameters during the experimental period (average $\pm$ standard deviation)

Growth parameters	Feeds A	Feeds B
Initial weight (g)	^a 0.13 $\pm$ 13.52	^a 13.54 $\pm$ 0.21
Final weight (g)	0.39 ^a $\pm$ 16.80	^b 0.54 18.90 $\pm$
Total weight gain rate (g)	^a 3.28 $\pm$ 0.12	^b 5.36 $\pm$ 0.28
Relative growth rate (%)	^a 0.68 $\pm$ 24.26	^b 1.32 $\pm$ 39.58
Specific growth rate (% g/day)	^a 0.362 $\pm$ 0.01	^b 0.02 0.556 $\pm$
Food conversion rate	^a 0.11 5.12 $\pm$	^b 0.10 2.65 $\pm$
Survival rate (%)	%98.3	%98.1

Abou-Zied (2015) and Abdelhamid *et al.* (2019) indicated that Nile tilapia-fed floating feeds showed higher final weight and weight gain rates than those fed sinking feed. Statistical analysis of the data presented in Table 1 showed significant differences ($P < 0.05$) between the studied vital indicators. This is attributed to the effect of the feeds type (floating or sinking) and the resulting interaction on growth performance, as the floating feeds remains on the surface, encouraging fish movement and adequate feeding, thus enhancing final weight gain. Regarding the relative and specific growth rates, treatment A recorded values of 24.26% and 0.362 (g/day%), respectively, while these values increased in treatment B to 39.58% and 0.556 (g/day%), respectively. These results indicate that fish fed on the floating feeds showed faster growth rates than those fed the sinking feeds. These results are consistent with those of Yaqoob *et al.* (2010). Researchers have observed higher growth rates in fish species when using floating feeds. A recent study (Zaabwe *et al.*, 2024) supported these findings, finding that feeding *Coptodon rendalli* fish with floating feeds resulted in higher growth rates, improved feed conversion efficiency, and protein digestibility compared to sinking feeds. Treatment A showed an apparent decline in feed conversion efficiency, with a Feed Conversion Ratio (FCR) of 5.12 compared to treatment B, which recorded a better FCR of 2.65. This difference can be explained by the fact that the type of feed and water quality contributed to the improved FCE. El-Sayed (2019) indicated that the type and method of feed provision, in addition to environmental factors such as water temperature and oxygen concentration, play a pivotal role in determining FCE in farmed fish. Survival rates were similar in both treatments, possibly due to technical reasons related to the fish farming system. No significant differences were observed in the survival rate of Nile tilapia, which ranged from 98.3% to 98.1%. In a previous study, the survival rate of tilapia in floating cages ranged from 95.76% to 97.54% (Ahmed *et al.*, 2014) and 95.39% to 95.87% (Kunda *et al.*, 2015).

The improved growth of fish fed on floating granular feed above the water surface may be due to the increased fish movement and increased fish activity resulting from fish ascent to the water surface to feed, which improves digestion and feed absorption. However, sinking feed will lose some nutrients due to fish movement, and some will sink to the bottom and mix with the mud. Consequently, the fish will not benefit from it. Instead, water properties will change due to the accumulation of dissolved feed residues in the water, causing an increase in the total ammonia concentration in the pond. Floating feed performed better than sinking feed with the same composition due to more nutrients leaching from the sinking feed than the floating feed (Yaqoob *et al.*, 2010). Therefore, pelleted feed floating above the water surface may be responsible for the improved growth parameters of the floating feeds fed to fish. Hence, the low water stability of sinking feeds leads to excessive leaching of nutrients in the feed before the fish consume it. This reduces feed conversion, impairs water quality, increases production costs, and thus reduces economic efficiency (Abdelhamid *et al.*, 2019).

Conclusions:

1. The data showed that environmental parameters (temperature, dissolved oxygen, and pH) were within the optimal range for raising Nile tilapia juveniles, providing a suitable environment for their natural and efficient growth.
2. Nile tilapia juveniles responded well to the two commercial feeds used (floating and sinking), but their performance was better when using the floating feed with the higher protein content.

3. The floating feed, which contained 31.58% crude protein, significantly improved production performance compared to the sinking feeds, which contained 25.1%, in terms of growth rates, feed conversion efficiency, and weight gain.
4. The results showed that the type of (floating or sinking) significantly affected feed consumption and growth rates. The floating feeds performed better due to its ability to remain on the water surface, ease of consumption, and reduced food loss.
5. The floating feeds had a superior feed conversion ratio (2.65) compared to the sinking diet (5.12), indicating greater utilization efficiency and better economic growth.
6. Survival rates were high in both treatments (98.1–98.3%), indicating that the diet type did not significantly affect survival rates.

Recommendations:

1. During the grow-out stages, it is recommended that Nile tilapia juveniles be fed high-protein floating diets (30–32%) to achieve the highest growth rates and feed conversion efficiency.
2. If using a sinking diet, it is recommended that manufacturing techniques and nutrient content efficiency be improved to improve stability in the water and reduce feed loss.
3. Continuous monitoring and stabilization of environmental factors, such as temperature, pH, and oxygen levels, is necessary to ensure a suitable environment for growth and avoid stress.
4. Sinking diets should be avoided in systems that do not allow for easy cleaning or waste removal to reduce organic matter accumulation and improve water quality.
5. Adopting a feeding system based on floating diets reduces feed costs by reducing waste and enhances environmental sustainability by reducing pollutants from feed residues.
6. Additional studies are recommended to compare different types of artificial diets (floating, semi-floating, and sinking) with various protein levels to determine the optimal formulation in terms of economic and environmental efficiency.

References

- Abdelhamid, A. M.; khalil, F. F.; El-Barbary, M. I.; Zaki, V. H. and Hussein, H. S. (2002). Feeding Nile tilapia on Biogen to detoxify aflatoxin diets. Proc. Con. Animal, Fish Prod. Mansoura, 24- 25 Sep., pp 207-230.
- Abdelhamid, A. M.; Salem, M. F. and Ramadan, M. El-Sh. (2019). Comparison between effects of sinking and floating diets on growth performance of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Egypt. J. Aquat. Biol. Fish, 23 (2): 347–361. https://journals.ekb.eg/article_31849_ccd36dfac77325254ba64f36e8437bb3.pdf.
- Abdel-Hakim, N. F.; Bakeer, M. N. and Soltan, M. A. (2002). Water Environment for Fish Culture. Deposition No. 4774.
- Abou-Zied, R. M. (2015). Effect of diet extruded type on growth performance feed utilization and economic efficiency of Nile tilapia in commercial farms. Egyptian J. Nutrition and Feeds, 18 (1):143-150.

- Adewumi, A. A. and Olaleye, V. F. (2011). Catfish culture in Nigeria: Progress, prospects and problems. Afr. J. Agric. Res., 6 (6): 1281-1285.
<https://www.researchgate.net/publication/288606689>.
- Ahmed, T.; Hasan, S. J.; Hossain, M. R.; Haidar, I.; Rubel, A. K. M. S. A. and Pramanik, M. H. (2014). Assessment on impact of dietary probiotic supplementation on growth indices of mono-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage culture at Dakatia River, Chandpur, Bangladesh. World Journal of Fish and Marine Sciences, 6 (5): 441-446.
- Al-Aswad, M. B. (2000). Meat Science and Technology, Ministry of Higher Education and Scientific Research, Dar Al-Kutub Printing and Publishing Foundation, University of Mosul. 139 pp.
- Al-Rawi, K. M. and Khalaf A. A. M. (2000). Design and Analysis of Agricultural Experiments, Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, 488 pp.
- Amany, A. G. I.; Elnady, M. A.; Salem, M. A. I. Salem and Metwally, N. E. (2019). Influence of dietary protein level and feed inputs on growth and feeding performance of the Nile tilapia under biofloc conditions. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries. Vol. 23(3): 483–491.
<https://ejabf.journals.ekb.eg>
- A.O.A.C. (Association of official analytical chemists) (1990). Official methods of analysis, 15th ed. Arlington, Virginia, USA.
- Azzaydi, M.; Martines, F. J.; Zamora, S.; Sanchez-Vazquez, F. J. and Madrid, J. A. (2000). The influence of nocturnal vs. diurnal feeding under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Aquacult. 182(3-4): 329-338.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00276-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00276-8)
- Carlos, M. (1988). Growth and survival of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry, deferent intake levels and feeding frequencies. Aquaculture. 68: 267-276.
- Changsu, K.; Kyoung, H. K.; Sang, Y. J. and Beob, G. K. (2021). Energy concentration and phosphorus digestibility in meat meal, fish meal, and soybean meal fed to pigs. Animal Bioscience, 34(11): 1822-1828.
- Diyaolu, D. O. (2012). The Business of Catfish Farming. Ebensun Venture, Abeokuta, Nigeria. 136 p.
- El-Sayed, A. F. M. (2019). Tilapia Culture (2nd ed.). Academic Press.
- Endalew, B., Zeleke, M., Yenewa, W., Ayalew, Z. (2020) Determinants of farm households' participation in fish production in Southwest Ethiopia, Cogent Food & Agriculture, 6:1,1728107. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1728107>

- Fernandes, A. M.; Caldach-Giner, J. À.; Pereira, G. V.; Gonçalves, A. T., Dias, J.; Johansen, J.; Silva, T.; Naya-Català, F.; Piazzon, C.; Sitjà-Bobadilla, A.; Costas, B.; Conceição, L. E. C.; Fernandes, J. M. O. and Pérez-Sánchez, J. (2024). Sustainable fish meal-free diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Integrated biomarker response to assess the effects on growth performance, lipid metabolism, antioxidant defense and immunological status. *Animals*, 14(15), 2166. <https://doi.org/10.3390/ani14152166>.
- Fernández Sánchez, J. L.; Basurco, B. and Aguilera, C. (2023). Economic assessment of investment in automatic feeding systems for sea bass grow-out farms of different sizes. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(3): 625–634. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jwas.12950>.
- Graham, C. M.; Matthias, H.; Yuan, D. and Barry, A. C. (2023). A decadal outlook for global aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society published by Wiley Periodicals LLC on behalf of World Aquaculture Society*, 54(2): 196-205. <https://doi.org/10.1111/jwas.12977>.
- Hossain, M. d. I.; Haque, N.; Alam, A. S. A. F.; Begum, H. and Mokhtar, M. B. (2018). Sinking and floating feeds formulations on growth of mono-sex Tilapia (Linnaeus, 1758): a comparative study. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 19 (1): 71-80.
- Jopling, M. (1993). Bioenergetics, feed intake & energy portioning. In: *Fish ecophys-iology*. Rankin, J. C. & Jensen, F.B. (Eds). pp. 1-44. London: chapman & Hall.
- Kadye, W.T. and Booth, A. J. (2012). Integrating stomach content and stable isotope analyses to elucidate the feeding habits of non-native sharp tooth catfish *Clarias gariepinus*. *Biol. Invasions*, 14(4): 779-795.
- Kannadhasan, S.; Muthukumarappan, K. and Rosentrater, K. A. (2009). Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and tapioca starch. *J. Aquacult. Feed Sci. Nutr.*, 1(1):6-21. <https://www.researchgate.net/publication/237304482>.
- Kunda, M.; Dev, A.R. and Islam, M. J. (2015). Comparison of production performance and economics between mono-sex and mixed-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*). *SAU Res. Prog. Rep. No. 02*, Sylhet Agricultural University, Sylhet, Bangladesh, 31-37 pp.
- Meurer, F., Matos, É. J. A., Gonçalves, R. M., Bombardelli, R. A., & Novodworski, J. (2025). Protein level reduction in corn and soybean meal-based diets supplemented with essential amino acids during the fattening phase of Nile tilapia. *Annals of Animal Science*. <https://doi.org/10.2478/aoas-2025-0055>

- Morgina, A.; Johan, W. S.; Mohammad, M. Ur R. and Marc, V. (2025). Effect of feed pellet buoyancy and stocking ratio of tilapia on fish performance, *Aquacultural Engineering*, [Vol. 110](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102537), 102537. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102537>.
- Mounes, H.; Abd-El Azeem, Z.; Abd El-Bary, D. A. A.; Al-Sagheer, A. A.; Abd-Elhakim, Y. M.; Hassan, B. A.; Sadek, S. S. and Ahmed, K. (2024). Effect of substituting soybean meal in *Oreochromis niloticus* diets with pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed cake on growth, antioxidant capacity, immunity, and carcass composition. *Animals*, 14(2):195. <https://www.researchgate.net/publication/377210337>.
- Mustapha, M. K.; Akinware, B. F.; Faseyi, C. A. and Alade, A. A. (2014). Comparative effect of local and foreign commercial feeds on the growth and survival of (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Journal of Fisheries*, 2 (2):106-112.
- Novodvorski, J.; Matos, E. J. A.; Gonçalves, R. M.; Bombardelli, R. A. and Meurer, F. (2024). Protein Requirements of Fattening Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Fish Meal-Free Diets. *Aquac. J.*, 4(3): 135-147
- Nwokocha, J. and Nwokocha, N. (2013). Development of aquacultural feeds from locally available feedstuff: A giant step towards food security in Nigeria. *Int. J. Acad. Res. Prog. Educ. Develop*, 2(3):153-175.
- Paulpandi, S.; Sathya, S. and Velmurugan, K. (2024). Effect of Floating and Sinking Formulated Feed on Growth and Production of GIFT Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Earthen Ponds. *Journal of Applied Life Sciences International*, 27(6): 74-85. DOI: [10.9734/jalsi/2024/v27i6668](https://doi.org/10.9734/jalsi/2024/v27i6668).
- Piska, R. S. and Naik, S. J. K. (2013). Introduction to freshwater aquaculture. Intermediate Vocational Course State Institute of Vocational Education and Board of Intermediate Education: 1-12. In: Piska, R. S. (ed.). *Coll. Sci.*, Univ. Osmania, Hyderabad: 305 pp.
- Rodríguez-Hernández, M. E.; Martínez-Castellanos, G.; López-Méndez, M. C.; Reyes-Gonzalez, D. and González-Moreno, H. R. (2025). Production costs and growth performance of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive production systems: A review. *Sustainability*, 17(4), 1745. <https://doi.org/10.3390/su17041745>.
- Saleh, M. A. and El-Far, A. H. (2023). Effect of floating and sinking feeds on growth performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 27, 101499. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101499>.
- Santiago, C. B. and Lovell, R. T. (1988). Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *The Journal of Nutrition*, 118 (12): 1540-1546.

- Sorensen, M. (2012). A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Aquacult. Nutr.*, 18 (3): 233-248.
- Spss, (2000). SPSS for windows base system users guide, release 10.0 Chicago, USA.
- Yaqoob, M.; Ali, M. R. and Mehmood, S. (2010). Comparison of Growth Performance of Major and Chinese Carps Fed on Floating and Sinking Pelleted Supplementary Feeds in Ponds. *Pakistan J. Zool.*, 42 (6): pp. 765-769.
- Zaabwe, T.; Singini, W.; Kang'ombe, J.; Kapute, F.; Mzengereza, K.; Ndong, N. and David, M. (2024). An Evaluation of Iso-Nitrogenous Floating and Sinking Diets on Growth, Feed Utilization and Apparent Digestibility of the Redbreast Tilapia (*Coptodon rendalli* Boulenger, 1897). *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 28(5): 95-112.
https://ejabf.journals.ekb.eg/article_377630_1dc35faae3e119723de3ebd181992a57.pdf

استخدام جرعات من أشعة غاما الصادرة عن منبع الكوبالت -60 لتقليل الحمولة الميكروبية لعينات من الطحين والشوكولا

*جاسم الفواز

(الإيداع: 14 كانون الأول 2025، القبول: 16 شباط 2026)

الملخص:

نظراً لأهمية الطحين والشوكولا كغذاء ضمن كل فئات المجتمع، قمنا بدراسة لتقليل الحمولة الميكروبية والتعقيم المركز لعينات متوفرة في الأسواق من الطحين والشوكولا وذلك باستخدام أشعة غاما الصادرة عن منبع الكوبالت 60 من منبع الكوبالت - 60 (Co^{60}) الذي ينبعث منه نوعان من أشعة غاما أحدهما بطاقة 1.1732MeV وطاقة 1.3305MeV حيث تم تعريض العينات لجرعات إشعاعية وفق 0, 0.5, 1.5, 2, 4, 6 kGy. تم تحديد الحمولة الميكروبية في العينات قبل التشعيع ثم بعد التشعيع مباشرة ثم تمت دراسة تغير هذه الحمولة للعينات المشعة والعينات غير المشعة خلال فترة تخزين تصل حتى 60 يوم وذلك بطرؤف التخزين بدرجة حرارة الغرفة 30°C وطرؤف التخزين ضمن التبريد المنزلي عند درجة حرارة 5°C-، فتبين أن أفضل جرعة لتعقيم الطحين هي الجرعة 4.678 kGy، وأن الجرعة العشرية D_{10} هي 2.339 kGy كما وجد أن أفضل جرعة لتعقيم الشوكولا هي 6.52 kGy وقيمة الجرعة العشرية D_{10} هي 3.26 kGy حيث تم قياس الجرعة الإشعاعية باستخدام مقياس الجرعة فريكي بالتالي يوصى وفق هذه الدراسة باعتماد طريقة التشعيع للتعقيم.

الكلمات المفتاحية: أشعة غاما، التشعيع، الطحين ، الشوكولا، الجرعة الإشعاعية.

*دكتوراه في الفيزياء الإشعاعية – محاضر في جامعة حماة

Use of Gamma Radiation Doses from a Cobalt-60 Source to Reduce the Microbial Load in Samples of Flour and Chocolate

***Jasem Al-Fawwaz**

(Received: 14 December 2025, Accepted: 16 February 2026)

Abstract:

Given the importance of flour and chocolate as food items consumed by all segments of society, we conducted a study to reduce the microbial load and achieve targeted sterilization of market-available samples of flour and chocolate using gamma rays emitted from a Cobalt-60 source. The Co-60 source emits two types of gamma rays with energies of 1.1732 MeV and 1.3325 MeV. The samples were exposed to radiation doses of 0, 0.5, 1.5, 2, 4, and 6 kGy. The microbial load in the samples was determined before irradiation and immediately after. Subsequently, changes in this load for both irradiated and non-irradiated samples were studied over a storage period of up to 60 days under two conditions: room temperature storage 30°C and household refrigeration at -5°C . The results indicated that the optimal dose for sterilizing flour was 4.678 kGy, with a decimal reduction dose (D10) of 2.339 kGy. For chocolate, the optimal sterilizing dose was found to be 6.52 kGy, with a D10 value of 3.26 kGy. Radiation doses were measured using a Fricke dosimeter. Consequently, this study recommends the adoption of the irradiation method for sterilization.

Keywords: Gamma radiation, Irradiation, Flour, Chocolate, Radiation dose

*PhD in Radiation Physics – University of Aleppo; Lecturer at Hama University

المقدمة والدراسات المرجعية:

يعتبر كل من الطحين والشوكولا من أكثر الأغذية استهلاكاً، وبفضل هذه الأهمية كان لا بد من الاهتمام بهذه المواد من حيث سلامتها، وخلوها من العوامل الممرضة لذلك طورت الكثير من الطرق لتعقيم هذه المادة الغذائية، ومن أكثر الطرق فعالية هي استخدام الأشعة النووية المؤينة بعملية تسمى تشعيع الغذاء [1].

تختلف أنواع وسلالات البكتيريا في قدرتها على تحمل الأشعة النووية سواء كانت أشعة غاما Gamma Ray أو الأشعة الإلكترونية E-beams، وتعتبر الفيروسات من أصغر الكائنات الدقيقة وأكثرها مقاومة للإشعاع ويليهما تنازلياً جراثيم البكتيريا ثم الخميرة ثم الفطريات ثم البكتيريا (موجبة الجرام) وتعتبر أضعف هذه المجموعات المذكورة مقاومة للإشعاع هي البكتيريا (سالبة الجرام). [2]

بشكل عام تكون الجرعة القاتلة للميكروبات وفق التالي [3]:

Staphylococcus
مكورة عنقودية تتحمل من 0.5 kGy حتى 20 kGy
Clostridium
بكتيريا المَطَيَّنة من 1 kGy حتى 20 kGy
Bacillus
بكتيريا العصيات من 5 kGy حتى 20 kGy

يتضح من هذا الاختلاف في درجة الحساسية للإشعاع أن الاختلاف لا يرجع فقط إلى نوع الكائن الدقيق، ولكن يرجع أيضاً إلى مرحلة نمو الميكروب ومعدل انتشاره [4]. لذلك وجد أن الجرعات ما بين (2.35–3.85 kGy) هي جرعات قاتلة لسبع أنواع من جراثيم فطر Aspergillus بينما لوحظ أن النوع Aspergillus nidulans يمكن التخلص منها بنسبة 99% عند استخدام جرعة 0.5 kGy [5].

كما أثبتت دراسات أخرى أن الجرعة 2.5 kGy قادرة على القضاء على جراثيم E.coli وبشكل تام. وأن الجرعة في المجال (5–8 kGy) قادرة على القضاء على جراثيم المكورة العنقودية Staphylococcus [6]

تم دراسة تأثير التشعيع بأشعة غاما الصادرة عن منبع الكوبالت Co-60 على الخواص الفيزيائية لبروتين الطحين وذلك عند جرع إشعاعية ضمن المجال (0–32 kGy). كما قامت هذه الدراسة بتجارب على الحليب فتبين أن الخواص البروتينية للحليب بما في ذلك مركبات الكالسيوم والصوديوم لم تتأثر عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. [7]

وبدراسة تأثير أشعة غاما في الحمولة في الحليب الموجود بشكل مسحوق وذلك في مخبر معهد التطبيقات الكيميائية النووية التابع للجامعة التقنية في بولندا، تبين أن التعداد العام CFU قد انخفضت لمستويات شبه معدومة وتقع ضمن النطاق الصحي وذلك عند جرعة إشعاعية 5 kGy ويوضح الجدول رقم (1) تناقص الحمولة الميكروبية بعد التشعيع مباشرة وبعد 30 يوم من التخزين من أجل الجرعات الإشعاعية المختلفة. [8]

الجدول رقم (1) : تقدير الحمولة الميكروبية في البروتين Casein وبودرة الحليب بعد التشعيع مباشرة ثم بعد تخزين لمدة 30 يوم [8].

		التعداد العام log (CFU/g)						
العينة		الشاهد	الجرعة kGy			الجرعة بعد 30 يوم من التخزين kGy		
			2.5	5.0	10.0	2.5	5.0	10.0
Casein 30 mesh (Lot PI-60215)	Total Count العام CFU	6.04	4.48	4.00	1.48	4.48	4.00	1.30
	Coliforms القولونيات	2.45	1.30	<1.0 ^a	<1.0 ^a	1.30	<1.0 ^a	<1.0 ^a
	Moulds والأعفان والخمائر and yeasts	3.40	3.21	2.60	.90	2.08	2.00	1.48

كما أجريت في المعهد الوطني للعوامل الحيوانية في كوريا الديمقراطية دراسة لتأثير أشعة غاما بجرع (1,2,3,5,10 kGy) على البروتين في الحليب، حيث بينت هذه الدراسة تناقص نسبة البروتين بحوالي 8 إلى 19 بالمائة من أجل الجرعة kGy 10 وهي نسبة قليلة مقارنة بطرق التعقيم الأخرى. [9]

وأجريت دراسة لأثر أشعة غاما بجرع (0, 1, 3, 5 kGy) على الطحين عند درجة حرارة 20 °C فتبين أن كلاً من الإشريكية القولونية E.coli و السالمونيلا Salmonella والمكورات العنقودية Staphylococcus قد تناقصت حتى بلغت أدنى من الحدود السليمة، فكانت الجرعة 5 kGy هي الأكثر فعالية. [10]

الهدف من الدراسة:

تحسين مستوى التعقيم الغذائي لكل من الطحين المنزلي والشوكولا، وتعيين الجرعة الأمثل لتشعيع هذا النوع من الغذاء.

مواد وطرق الدراسة:

مواد الدراسة:

- 1- مصدر لأشعة غاما وهو عبارة عن مصدر منبع الكوبالت - 60 (Co^{60}) الذي ينبعث منه نوعان من أشعة غاما أحدهما ذو طاقة 1.1732MeV والثاني ذو طاقة 1.3305MeV.
- 2- مقياس الجرعة فريكي Fricke Dosimeter.
- 3- عينات من المواد الغذائية التالية: الطحين المنزلي المتوفر في الأسواق والمسمى تجارياً بالطحين الزيرو، الشوكولا غير السائلة المباعة في الأسواق.
- 4- أجهزة التحليل البكتيرية المتواجدة في كل من هيئة الطاقة الذرية السورية وقسم علوم الأغذية في كلية الزراعة بجامعة حلب، حيث اعتمدت الأوساط الزرع Endo Agar و Maconky Agar.

طرائق العمل:

- 1- تم فرز العينات بأكياس تغليف والكتابة على كل عينة نوعها والجرعة التي يجب أن تتلقاها.
- 2- أدخلت العينات لحجرة التشعيع الحاوية على قضبان الكوبالت -60، حيث تم إعطاء كل عينة الجرعة المقررة لها والتي هي بالترتيب: (0 kGy، 0.5، 1.5، 2، 4، 6)، حيث تم قياس الجرعة الإشعاعية باستخدام مقياس الجرعة فريكي.
- 3- درست الحمولة الميكروبية لعينات الشاهد ثم للعينات المعرضة للأشعة وذلك بعد التشعيع مباشر.

4- وضعت جزء من العينات البراد عند درجة حرارة 5°C – والجزء الآخر في غرفة (شروط التخزين في المحلات التجارية) ثم حسبت الحمولة الميكروبية.

النتائج ومناقشتها:

تمت دراسة الحمولة الميكروبية CFU لجميع العينات في الأوساط الزرعية Endo Agar و Maconky Agar.

1- دراسة عينات الطحين:

الجدول رقم (2): المواصفات القياسية السورية م.ق.س 2007/2179 الخاصة بالطحين [11].

M	m	C	N	
10^5	10^4	2	5	CFU
0	0	0	5	cell/25g <i>Salmonellae</i>
100	10	1	5	<i>Coliform</i> cell/g
0	0	0	5	cell/g <i>Staphylococcus</i>

حيث:

- N عدد وحدات العينة التي يجب تحليلها
- m مستوى الحد الجرثومي المطلوب تحقيقه في المنتج
- M أقصى قيمة للحد الجرثومي يجب ألا يزيد عنها في أي وحدة من n
- C الحد الأقصى لعدد وحدات العينات المسموح فيه. وشرط القبول وفق هذه المواصفات أن لا تزيد قيمة الحد الجرثومي عن قيمة M في كل عينة بالإضافة للحد الأدنى لكل نوع من الممرضات التي تتضمنها المواصفة [11].

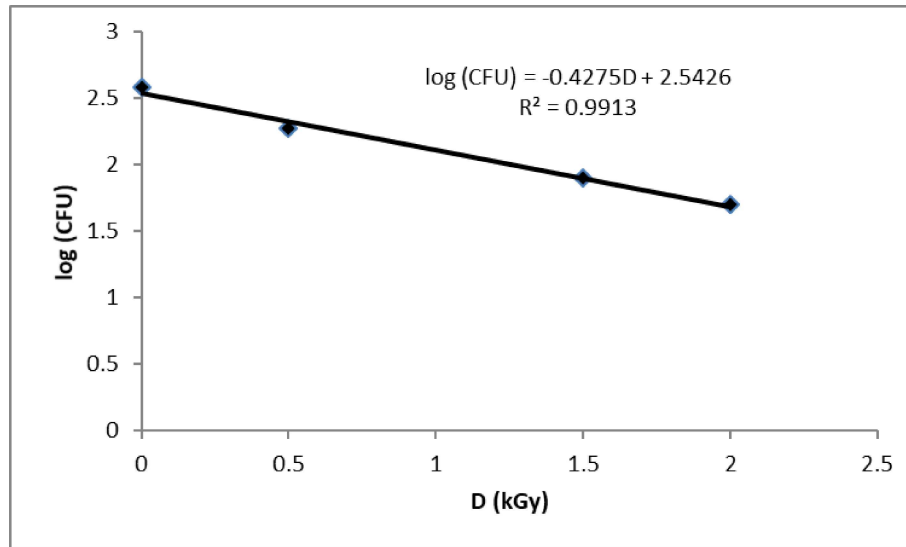
أولاً- عينات الطحين بعد التشعيع مباشرة:

يضم الجدول رقم (3) نتائج دراسة عينات الطحين بعد التشعيع مباشرة.

الجدول رقم (3): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الطحين بعد التشعيع مباشرة.

المادة الغذائية: الطحين						
الجرعة الإشعاعية D kGy	0 (الشاهد)	0.5	1.5	2	4	6
Total Count (CFU/g)	380	190	80	50	40	40
Log (CFU)	2.57 ± 0.317	2.27 ± 0.16	1.90 ± 0.02	1.69 ± 0.12	1.602 ± 0.17	1.602 ± 0.17

وبرسم العلاقة بين الجرعة الإشعاعية المقدمة للعينات والحمولة الميكروبية.



الشكل رقم (1): العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية من أجل عينات الطحين بعد التشعيع مباشرةً من الجدول رقم (3)، نجد أن الحمولة تتناقص تدريجياً مع زيادة الجرعة الإشعاعية وإذا ما قارنا الحمولة الخاصة بعينات الشاهد مع الحمولة الخاصة بالعينات المعرضة للأشعة النووية نجد أن عينة الشاهد تملك أكبر حمولة. بعد اعتماد النقاط الأولى فقط للمخطط رقم (1) لأن علاقة توهين عدد CFU الأصلية علاقة لوغاريتمية ولا تؤخذ النقاط بعد ميلان الخط وحسب تعريف D_{10} الذي هو سالب مقلوب ميل الخط البياني حيث تؤخذ بدلاً من الجرعة 0 بجوار الصفر وذلك حسب الدراسة [12]:

$$\log (\text{CFU}) = -0.4275 D + 2.5426$$

$$1.5426 = -0.4275 D + 2.5426$$

$$D_{10} = 2.339 \text{ kGy}$$

$$\text{SAL: Sterility Assurance Level} = 10^5$$

ومن 10^3 إلى 10^5 يكون الفرق 2 لوغاريتم عشري أي:

$$10^3 \text{ to } 10^5 = 2 = \log \text{ reduction.}$$

$$D = 2.339 \times 2 = 4.678 \text{ kGy.}$$

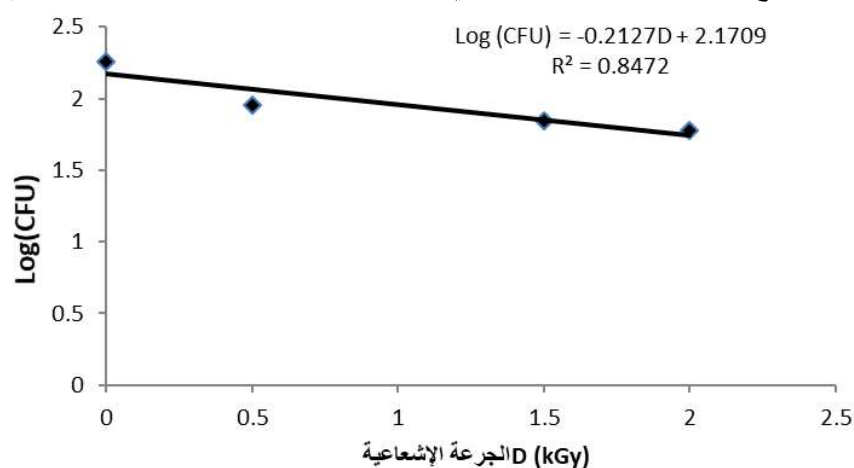
ومنه تكون الجرعة اللازمة للتخلص من الحمولة الميكروبية للطحين 4.678 kGy والخطأ المعياري بواسطة برنامج Excel هو 12.89%

ثانياً- عينات الطحين المخزنة عند درجة حرارة 5°C - بعد 60 يوم من التشعيع:

الجدول رقم (4): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الطحين بعد 60 يوم من التخزين عند حرارة 5°C -.

Log CFU	Total Count (CFU/g)	D kGy
2.25 ± 0.22	180	0
1.95 ± 0.07	90	0.5
1.84 ± 0.01	70	1.5
1.77 ± 0.01	60	2
1.69 ± 0.05	50	4
1.301 ± 0.25	20	6

بمقارنة عينات الشاهد مع العينات المعرضة للأشعة النووية نجد أن عينة الشاهد تملك أكبر حمولة ميكروبية.



الشكل رقم (2): العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية من أجل عينات الطحين المخزنة عند درجة الحرارة 5°C - بعد 60 يوم من التشعيع.

$$\log (\text{CFU}) = -0.252 D + 2.1709$$

$$1.1709 = -0.252 D + 2.1709$$

$$D_{10}=3.96 \text{ kGy.}$$

$$\text{SAL} = 10^5$$

$$D = 3.96 \times 2 = 7.92 \text{ kGy.}$$

حيث يتضح أن $D_{10}=3.96 \text{ kGy}$ وأن أفضل جرعة للتخلص من أكبر كمية من الحمولة الميكروبية هي عند 7.92 kGy. وتم حساب الخطأ المعياري بواسطة برنامج Excel فوجد أنه 11.25%.

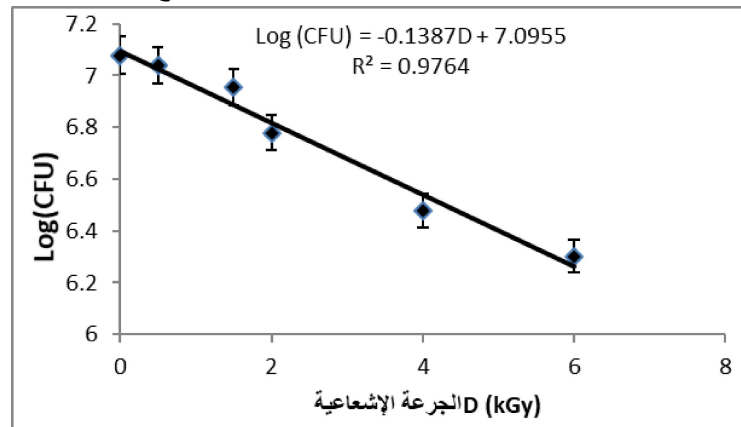
بالمقارنة بين الجدول رقم (2) والنتائج الخاصة بالعينات نجد أن كل من العينات المأخوذة بعد التشعيع مباشرة والعينات المخزنة عند درجة حرارة 5°C - مطابقة للمواصفة القياسية السورية من ناحية التعداد العام ومن ناحية *Salmonella* و *Staphylococcus aureus* أي إن العينات جميعها مطابقة للمواصفة القياسية السورية بشكل تام.

ثالثاً- عينات الطحين المخزنة عند درجة حرارة الغرفة (30°C) بعد 60 يوم من التشعيع:

الجدول رقم (5): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الطحين بعد 60 يوم من التخزين عند درجة حرارة الغرفة 30°C.

D (kGy)	0	0,5	1,5	2	4	6
Total (CFU/g)×10 ⁵	120	110	90	60	30	20
Count						
Log CFU	2.07 ± 0.15	2.04 ± 0.13	1.95 ± 0.09	1.77 ± 0.001	1.47 ± 0.14	1.30 ± 0.23

نلاحظ التزايد الكبير في الحمولة الميكروبية مقارنة مع العينات المخزنة في البراد كما نلاحظ أن الحمولة الميكروبية تتناقص كلما زادت الجرعة الإشعاعية، وأن عينة الشاهد تملك أكبر حمولة مقارنة مع العينات المعرضة للأشعة



الشكل رقم (3): العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية عينات الطحين المخزنة عند درجة حرارة الغرفة 30°C بعد 60 يوم من التشعيع.

$$\log (\text{CFU}) = -0.138 D + 2.089$$

$$1.089 = -0.138 D + 2.089$$

$$D_{10} = 7.24 \text{ kGy}$$

لم يكن هنا جرعة مناسبة للتشعيع لأن العينات تملك حمولة ميكروبية أكبر من SAL حيث نسبة الخطأ هنا هي 12.45% بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع المواصفة القياسية السورية الموجودة نجد أن جميع عينات الطحين هذه قد خالفت الشروط من ناحية التعداد العام مع أنها وافقت الشروط من ناحية ممرضات السالمونيلا *Salmonella* و المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*.

2- دراسة عينات الشوكولا:

الجدول رقم (6): المواصفة القياسية السورية م.ق.س 2007/2179 الخاصة بالشوكولا

M	m	C	N	
10 ⁵	10 ⁴	2	5	Total Count
0	0	0	5	<i>Salmonella</i> cell/25g
100	10	2	5	Moulds and yeasts cell/g

أولاً- عينات الشوكولا بعد التشعيع مباشرة:

الجدول رقم (7): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الشوكولا بعد التشعيع مباشرة.

المادة الغذائية: الشوكولا						
6	4	2	1,5	0,5	0	D (kGy)
1>	1>	1>	1>	1>	1>	Total Count (CFU/g)

من الجدول رقم (7) نجد جميع العينات تملك حمولة دون الحد المقاس.

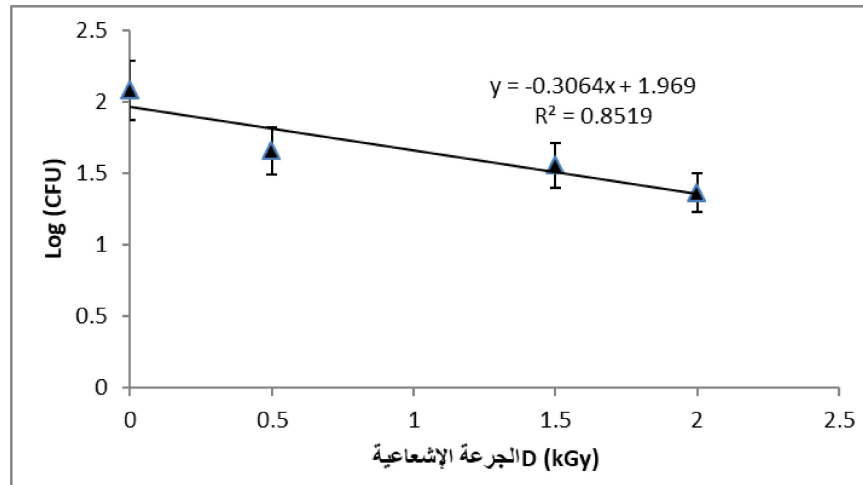
ثانياً- عينات الشوكولا المخزنة عند درجة حرارة 5 °C - بعد 60 يوم من التشعيع

الجدول رقم (8): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الشوكولا عند درجة حرارة 5 °C - بعد 60 يوم من التشعيع.

Moulds and yeasts, cell /g	<i>Staphylococcus aureus</i> , cell /g	Coliform cell /g	Log CFU	Total Count (CFU/g)	D (kGy)
50	2	1	2.079±0.29	120	الشاهد
40	1	1	1.65±0.004	45	0.5
32	1	2	1.55 ±0.004	36	1.5
27	0	0	1.361±0.07	23	2
36	2	4	1.65 ± 0.21	45	4
100	7	2	1.98 ± 0.004	96	6

من الجدول نجد أنه هناك زيادة في الحمولة الميكروبية، وبالمقارنة مع عينات الشاهد كما نلاحظ أن العينات المعرضة للأشعة تملك حمولة ميكروبية أقل من عينات الشاهد.

المنحني التالي يوضح تغير الحمولة الميكروبية مع الجرعة الإشعاعية



الشكل رقم (4): العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية عينات الشوكولا والمخزنة عند درجة حرارة 5°C بعد 60 يوم من التشعيع.

من الشكل (4) نجد:

$$\log (\text{CFU}) = -0.306 D + 1.969$$

$$0.969 = -0.306 D + 1.969$$

$$D_{10} = 3.26 \text{ kGy}$$

SAL: Sterility Assurance Level

$$\text{SAL} = 10^{-5}$$

$$D = 3.26 \times 2 = 6.52 \text{ kGy}$$

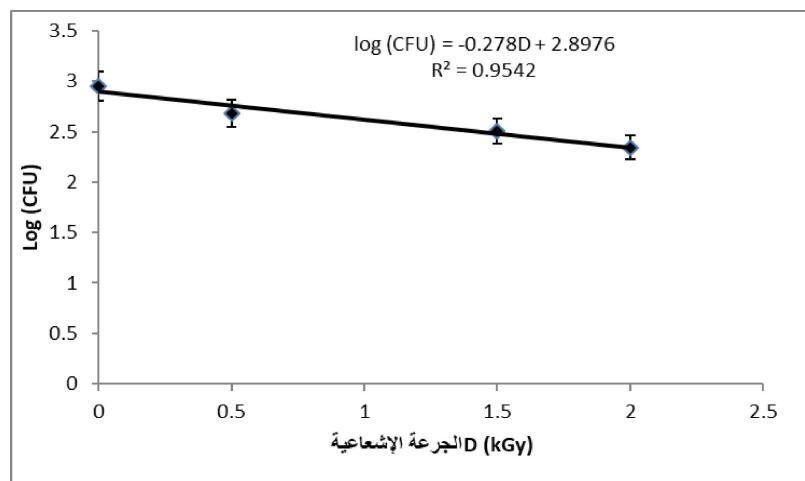
يتضح من الحسابات السابقة أن $D_{10}=3.26 \text{ kGy}$ وأن أفضل جرعة للتخلص من أكبر كمية من الحمولة الحيوية هي 6.52 kGy وهي نتيجة متوافقة مع المراجع التي تضع الحد الأدنى لتعقيم الشوكولا المخزنة عند ظروف التبريد هي 5 kGy . وتم حساب الخطأ المعياري بواسطة برنامج Excel ووجد أنه 10.02% .

بمقارنة النتائج مع المواصفة القياسية السورية نجد أن كل العينات مطابقة للمواصفة من ناحية الحد العام، لكنها غير مطابقة من ناحية الخمائر والفطور Moulds and yeasts.

ثالثاً- عينات الشوكولا والمخزن بدرجة حرارة الغرفة بعد 60 يوم من التشعيع:
الجدول رقم (9): دراسة الحمولة الميكروبية لعينات الشوكولا والمخزن في درجة حرارة الغرفة 30°C بعد 60 يوم من التشعيع

<i>E. coli</i> cell/g	Moulds and yeasts cell /g	<i>Staphylococcus aureus</i> , cell/g	Coliform cell /g	Log CFU	Total Count (CFU/g)	D (kGy)
1	480	2	18	2.949 ± 0.26	890	الشاهد
2	330	4	17	2.681 ± 0.07	480	0.5
0	230	2	2	2.505 ± 0.05	320	1.5
0	150	2	6	2.342 ± 0.16	220	2
1	170	7	14	2.390± 0.12	250	4
0	210	1	16	2.579± 0.002	380	6

من الجدول رقم (9) وبالمقارنة مع النتائج التي أخذت للعينات المخزنة عند درجة الحرارة 5°C نجد أن الحمولة الحيوية من ناحية التعداد العام كبيرة بشكل واضح كما إن العد بالنسبة للجراثيم القولونية *Coliform* والفطور والخمائر *Moulds and yeasts* أكبر من مثيله في العينات المخزنة في البراد بينما بالنسبة للمكورات العنقودية *Staphylococcus aureus* فالفرق ليس كبيراً، حيث نلاحظ التباين بالنسبة للجرع المختلفة فبالنسبة للجرعة 4 kGy الفرق واضح كذلك بالنسبة للجرعة 6 kGy أما بالنسبة للسالمونيلا فكلتا الحالتين خالية من هذه الممرضات مع الفرق البسيط بالنسبة لمرضات الإشريكية القولونية *E. coli*. وبرسم العلاقة الخطية بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية نجد:



الشكل رقم (5): العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والحمولة الميكروبية لعينات الشوكولا والمخزنة في درجة حرارة الغرفة 30°C بعد 60 يوم من التشعيع.

من الشكل رقم (5) نجد أن الحمولة الحيوية للعينات المعرضة للأشعة هي أصغر مما هي عليه بالنسبة للشاهد، بالاستفادة من الشكل نجد:

$$\log (\text{CFU}) = -0.278 D + 2.897$$

$$1.897 = -0.278 D + 2.897$$

$$D_{10} = 3.597 \text{ kGy}$$

$$\text{SAL} = 10^5$$

$$D = 3.597 \times 2 = 7.19 \text{ kGy}$$

يتضح من الدراسة السابقة أن $D_{10}=3.597 \text{ kGy}$ وأن أفضل جرعة للتخلص من أكبر كمية من الحمولة الحيوية هي عند 7.19 kGy نتيجة متوافقة مع المراجع التي تضع الحد الأدنى لتعقيم الشوكولا بحوالي 5 kGy وتم حساب الخطأ المعياري بواسطة برنامج Excel ووجد أنه $12,99\%$.

ومن خلال هذه الدراسة نجد أن جميع عينات الشوكولا المخزنة عند درجة حرارة الغرفة 30°C مطابقة للمواصفة القياسية السورية من ناحية العد العام Total Count وكذلك بالنسبة لمرضات Coliform أما من ناحية ممرضات *Staphylococcus aureus* فالعينات غير مطابقة، لكن إذا أخذنا بعين الاعتبار نسبة الخطأ $12,99\%$ يمكن أن تصل العينات لمستوى المواصفة القياسية السورية وخصوصاً أن قيمه عد هذه الممرضات صغير نسبياً.

بالمقارنة مع النتائج المأخوذة للعينات عند درجة حرارة التجميد $0^\circ\text{C} -5$ (تم اختيار هذه الدرجة بناء على مواصفات جهاز التبريد المتوفر) التي طابقت المواصفة القياسية السورية نجد أنه يجب حفظ عينات الشوكولا في البراد لكي تصبح صالحة للاستخدام بالإضافة لتعقيمها بالتشعيع.

3- الاستنتاجات:

- 1- تم التأكد من أن التشعيع بالنسبة للمواد الغذائية التالية: الطحين، الشوكولا، جميعها تناقصت الحمولة الميكروبية لها بالمقارنة مع الحمولة الميكروبية لعينات الشاهد وهذا يوضح نجاح عملية التعقيم بأشعة غاما.
- 2- تم تعيين الجرعة العشرية لكل عينة بالإضافة للجرعة الأمثل للتشعيع في كلا الحالتين التخزين في البراد والتخزين عند درجة حرارة الغرفة.
- 3- تم تعيين الجرعة الأمثل D لكل من عينات الطحين والشوكولا وهي متوافقة مع المراجع المعتمدة في الوكالة الدولية للطاقة الذرية.
- 4- قورنت النتائج مع المواصفات القياسية السورية وبينت المواد المطابقة غير المطابقة وذلك مع الأخذ بعين الاعتبار شروط التخزين العادية أو بظروف الحرارة المنخفضة

التوصيات:

1. يوصى بتطبيق الطريقة أينما أمكن ضمن مواصفات الأمان المذكورة في الدراسة وخصوصاً لأنواع الغذاء قليل الرطوبة.
2. يوصى بإحداث محطة تقيم للأغذية وغيرها في المحافظات الكبرى في سورية تحت إشراف هيئة الطاقة الذرية السورية وللقطاع العام والخاص.
3. التطوير الدائم لمخابر الإشعاع والأغذية في الجامعة، وبناء مراكز بحثية متفرغة ضمن الجامعة.

المراجع

1. Rollemma H., 2003– Caseinates. In: Progress in Biotechnology: Industrial Proteins in Perspective, J. Elsevier Science Ltd, 23 (3):255–259.

2. HERZ K., 1974– Problems of international harmonization of microbiological standards for food. FAO Nutrition Newsletter 12 (3–4).
3. حمد نزار،، 1994– حقائق حول تشجيع الغذاء، سلسلة نشرات الحقائق الصادرة عن ICGFI، هيئة الطاقة الذرية السورية-دمشق، ط8، صفحة7.
4. Anellis A.; Berkowitz d.; kemper d., 1973– Compative rsistance of nonsporogenic bacteria to low temperature gamma irradiation. Appl Microbiol. 25 : 517–523.
5. Anderson a.; nordan h.; chain r.; parrish g.; duggan k., 1956– Studies on radioresistnt micro–coccus. Isolation, morphology, cultural characteristics and resistance to gamma radiation. Food Technol. 10: 575–577.
6. BERAHA L., 1964– Gamma radiation dose–response of some decay pathogens. Phytopathol. 54: 755.
7. CIESLA K.; SALMIERI S., 2004– Gamma irradiation influence on physical properties of milk proteins. *J. Radiation Physics and Chemistry* 71 (1):93–97.
8. ZEGOTA H, MATOLEPSZY B. 2008– The decontamination of industrial case in and milk powder by irradiation. *J. Radiation Physics and Chemistry* 77 (10): 1108– 1111.
9. HAM J.; LEE C.; YOO Y. 2009– Irradiation effect on alpha – and bita –caseins of milk and Queso Blanco cheese determined by capillary electrophoresis. *J. Radiation Physics and Chemistry* 78 (2): 158–163.
10. LEE J.; KIM J.; YOOK H. 2005– Effects of gamma radiation on the allergenicity and antigenicity properties of milk proteins. *J Food Prot*, 64 (6): 272–276.
11. الاشتراطات الخاصة بالأحياء الدقيقة الواجب تحقيقها في المنتجات الغذائية. المراجعة الثانية. م.ق.س2179\2007.
12. صباغ سعيد؛ حمادي حسن، 2011– تقانات الفيزياء الإشعاعية لتعقيم مياه الصرف الصحي المعالج والحمأة. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الأساسية، العدد 77.

التحول الحضري للفراغات الخضراء في المدن العربية التقليدية المستدامة

أ.م. د. سامي شيخ ديب *

(الإيداع: 14 كانون الأول 2025، القبول: 16 شباط 2026)

الملخص:

شهدت المدن العربية التقليدية تحولاً حضرياً عميقاً خلال العقود الأخيرة، حيث أدى النمو السكاني المتسارع والتوسع العمراني إلى تغيير طبيعة الفراغات الحضرية وتقلص المساحات الخضراء. تتميز المدن العربية التقليدية عادة بفراغات متنوعة عامة ومنسجمة مع النسيج العمراني، والتي كانت تلعب دوراً اجتماعياً وبيئياً مهماً. تمتعت هذه المدن تاريخياً بفراغات عامة متكاملة، كالمساحات المرتبطة بالمساجد والأسواق والاحياء، ومساحات خضراء توفر ظلالاً ومناخاً معتدلاً. يبدأ البحث بدراسة نظرية لمفهوم الاستدامة في المدن العربية التقليدية وخصوصيتها مع التركيز على دور الفراغات الخضراء في استدامتها، واستعراض نموذج كامل للفراغ الأخضر المستدام ضمن المدينة العربية التقليدية، ثم ينتقل إلى دراسة لتجارب مدن عربية سلطت الضوء على أهمية إعادة التحول الحضري للفراغات العامة، مع توفير مصادر الاستدامة لمواجهة التحديات البيئية والحضرية المعاصرة للمدن العربية التقليدية. ويؤكد البحث على أنه لا بد من دمج مبادئ الاستدامة والتمتع الأخضر في التخطيط والتصميم العمراني للمدن العربية التقليدية، عبر عملية تحول حضري والمحافظة على الهوية العربية في ظل مواجهة تحديات العصر الحديث والعولمة.

الكلمات المفتاحية: المدن العربية التقليدية، الفراغ الأخضر، الاستدامة، التحول الحضري.

*أستاذ مساعد ، قسم تخطيط المدن والبيئة ، كلية الهندسة المعمارية ، جامعة اللاذقية ، اللاذقية - سوريا.

Urban Transformation of Green Spaces in Sustainable Traditional Arab Cities

***Dr. Sami Cheikh Dib**

(Received 14 December 2025, Accepted 14 February 2026)

Abstract:

Traditional Arab cities have witnessed profound urban transformations in recent decades, as rapid population growth and urban expansion have altered the nature of urban spaces and reduced green areas. Traditional Arab cities are typically characterized by diverse and harmonious public spaces integrated into the urban fabric, which historically played significant social and environmental roles. These cities have traditionally featured integrated public spaces, such as squares linked to mosques, markets, and neighborhoods, along with green areas that provide shade and a moderate climate.

The research begins with a theoretical study of the concept of sustainability in traditional Arab cities, emphasizing their unique characteristics and focusing on the role of green spaces in their sustainability. It then presents a comprehensive model of a sustainable green space within a traditional Arab city, followed by an examination of case studies from Arab cities that highlight the importance of transforming public spaces through urban regeneration. These examples provide sustainable approaches to addressing contemporary environmental and urban challenges facing traditional Arab cities.

The study emphasizes the necessity of integrating principles of sustainability and green urbanization into the urban planning and design of traditional Arab cities. This should be achieved through urban transformation processes that preserve Arab identity while addressing the challenges of the modern era and globalization.

Keywords: Traditional Arab Cities, Green Space, Sustainability, Urban Transformation.

*Associate Professor, Department of Urban Planning and Environment, Faculty of Architecture, Lattakia University, Lattakia, Syria.

المقدمة:

مفهوم المدينة الخضراء ليس ابتكارًا حضريًا حديثًا بأي حال من الأحوال؛ بل هو نتيجة لتطورات طويلة للمدينة فيما يتعلق ببيئتها. كانت المدن دائمًا خاضعة لاستراتيجيات التنمية المعتمدة على بيئتها، والموارد الموجودة، والمزايا الجغرافية للموقع. تعتبر العلاقة بين المدينة والطبيعة واحدة من أقدم المقاربات للمدينة الخضراء. في هذا الإطار، تهدف المدينة المستدامة إلى خلق بيئات حضرية تدمج الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة لضمان الازدهار الاقتصادي، والرفاهية الاجتماعية، وحماية البيئة وفقًا للإطار التقليدي للتنمية المستدامة. [الشوك، نور. الخفاجي، احمد (2018)]

المدن العربية التقليدية كانت من أكثر المدن التي عانت من المشاكل في العصر الحديث، كونها شكّلت عائق في تمازجها مع العولمة الثقافية والعالمية وأبعادها. وهنا تشكل التضاد الحاد بين ما بنيت عليه هذه المدن العربية التقليدية من أسس تخطيطية محافظة على الطبيعة والتقليد العربي في أوانها، وما بين مفردات وأبعاد عمارة المدن والمجتمع المعولم المعاصر. وقد تمت معالجة تلك الإشكالية من خلال طرح مفردات العمران الأخضر في المدن العربية المستدامة مع التركيز على مفهوم الفراغ الأخضر وتطوره. [Zarie,E. Sepehri,B. Adibhesami,M. Pourjafar ,M. Karimi,H(2023)]

❖ طرائق البحث ومواده:

تناول موضوع البحث التحول الحضري للفراغات الخضراء في المدن العربية التقليدية، مع التركيز على دمج مبادئ الاستدامة والتمدّن الأخضر ضمن النسيج العمراني التقليدي، مع المحافظة على التراث العمراني للمدينة العربية التقليدية. تعتمد منهجية البحث المنهج الوصفي الاستقرائي لعرض المفاهيم الأساسية لمفهوم الاستدامة في المدن العربية التقليدية، والتحول الحضري للفراغات الخضراء وعلاقتها بالاستدامة، واستعراض نماذج الفراغات الخضراء في المدينة العربية التقليدية وتحليلها تحليلًا نقدياً لإيجاد العلاقة ما بين الفراغ الأخضر والمدينة التقليدية العربية. كما تم إجراء تحليل مقارن لتجربتين عربيتين وفق سياقين مختلفين، مع دراسة تحول الفراغات الخضراء في مدينة دمشق. وصولاً إلى النتائج والتوصيات.

❖ المناقشة:

أولاً: مفهوم الاستدامة في المدن العربية التقليدية

إن مفهوم الاستدامة هو جوهر المدن الخضراء الصديقة للبيئة والذي يقوم على " التمدن الأخضر"، ويعرّف التمدن الأخضر على أنه "نهج للتصميم الحضري المستدام الذي يخلق مدناً صديقة للبيئة عن طريق خفض النفايات والانبعاثات، وتعزيز إنشاء المساحات الخضراء، واستخدام مواد البناء المستدامة ودعم التنقل المكهرب.. ولا يقتصر التمدّن الأخضر على البيئة المبنية فحسب؛ وإنما يعزز الاستدامة الاجتماعية والمجتمعات الحضرية." [البستجي، قسام (2024)]

تعتمد المدن الخضراء المستدامة في أساسها على شبكة الفراغات العمرانية التي تتدرج وفق مجموعة من الفراغات العامة المفتوحة، والمتاحة لممارسة الأنشطة الجماعية وأنماط الحياة الفردية اليومية لسكان المدينة، والتي تتضمن المساحات والشوارع والحدايق العامة وممرات المشاة وغيرها.

تتمتع المدن العربية التقليدية بنسيج عمراني متماسك ومتضام، والذي يؤكد على الوحدة والتآلف المجتمعي بين السكان، مع التأكيد على عنصر الخصوصية للأسرة والتفاعل مع المجتمع. إن المنازل المترابطة تعكس خصوصية المجتمع ومحافظة

على المبادئ والتقاليد العربية الإسلامية، مع تحقيق التوازن المجتمعي من خلال وجود الأسواق القديمة التي تعد العمود الفقري والشران الاقتصادي- الاجتماعي للمدينة العربية التقليدية، والذي يشكل الفراغ الرئيسي ضمن هذه المدينة. ومع انتشار العولمة الثقافية العالمية ضمن أفراد المجتمع المعاصر، ظهرت عدة ممارسات أثرت بشكل سلبي على بيئة وتكوين النسيج التخطيطي للمدينة العربية التقليدية. مما أدى إلى تغير في خصائصها، واضمحلال الهوية الحضرية والطابع التراثي فيها. ومن هنا ظهرت الدعوة إلى الحفاظ على النمط العمراني للمدينة العربية التقليدية مع مواكبة متغيرات المدينة المعاصرة والمجتمع الحديث المعولم، وذلك من خلال إدخال مبادئ الاستدامة وتطبيق نهج "التمدن الأخضر". [Al-Jaberi1,A. Al-Khafaji,A. Al-Salam,N. Alrobaee,T] (2021) والتأكيد على دور الفراغ العام الأخضر الاجتماعي والاقتصادي، بالإضافة إلى دوره البيئي في تعزيز الاستدامة وربط المحاور الحركية والفراغات العامة الخضراء للمدينة مع بعضها البعض وفق أبعاد مكانية بصرية بعيدة المدى. [د. ضاشوالي، احمد. وآخرون (2025)]

1.1 مبادئ الاستدامة ضمن المدينة العربية التقليدية:

في هذا السياق، أصبحت المدينة الخضراء بفراغاتها ومناطقها الخضراء مفهوماً مهماً في التخطيط الحضري والتنمية المستدامة. إنها تعكس الرغبة في إنشاء مدن أكثر استدامة بيئياً، حيث يتم دمج الطبيعة بشكل أفضل في النسيج الحضري التقليدي، ويتم تعزيز جودة الحياة لسكانها، من خلال: [الشوك، نور. الخفاجي، احمد (2018)، م. حسين؛ الشيماء (2021)]

1. إدماج البيئة العمرانية المبنية بالبيئة الطبيعية والبشرية المحيطة.
2. التأكيد على علاقات التجاور والتواصل بين الكتل البنائية والفراغات العامة الخضراء.
3. تحقيق التوازن بين العمران القديم والحديث، فضلاً عن الإملاء الحضري بما يتلاءم مع النسيج المتضام للمدينة العربية التقليدية.
4. الإدماج الحضري لحماية الأراضي المحيطة للمدن العربية التقليدية من التوسع العشوائي.
5. رفع المعايير النوعية للحياة ضمن الفراغات العامة الخضراء للمدينة من خلال التأكيد على التفاعل والترابط الاجتماعي.
6. تقليل استهلاك الطاقة بالحفاظ على المدينة المدمجة والمستدامة طاقياً.
7. تخفيض الانبعاثات الكربونية من خلال تقليل الرحلات اليومية، عبر استخدام المحاور الرئيسية للنقل والاعتماد على الأزدقة والممرات العمرانية للمشاة داخل المدينة القديمة.
8. استغلال الهياكل العمرانية المهجورة أو المهذمة وإعادة توظيفها.
9. مزج استعمالات الأراضي لتحقيق التجانس بين التقسيمات الحضرية وتوفير المساحات الفارغة للفراغات العامة الخضراء.

10. توفير الوصولية المحلية والإقليمية من خلال الربط الهرمي للشوارع الداخلية والخارجية.

1.2 الفراغات الخضراء تساهم في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة:

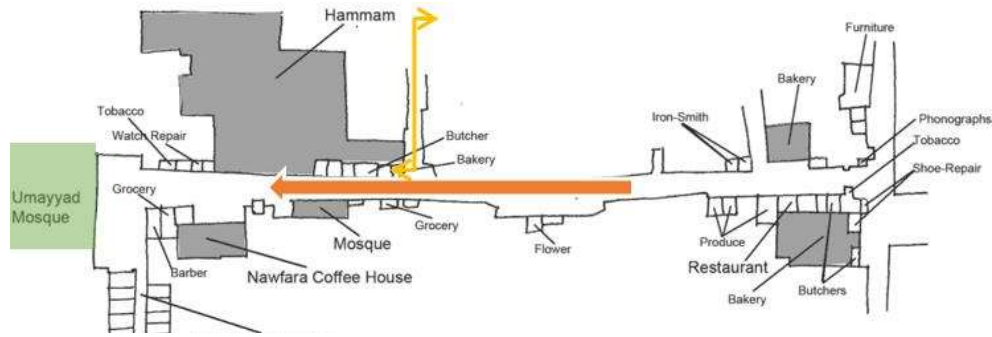
تساهم المساحات الخضراء بشكل كبير في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. تُعد المساحات الخضراء بمثابة الرئة التي تتنفس من خلالها المدن، فهي تحسّن البيئة الحضرية من خلال تنقية الهواء وتبريد المدن، وتدعم الصحة والرفاهية للمجتمعات وذلك بتوفير مساحات للنشاط البدني والاسترخاء. كما تساهم في بناء مدن مرنة ومستدامة، وتخلق فرص عمل خضراء من الناحية البيئية. إنشاء المساحات الخضراء والحفاظ عليها، والتي تمكن المدن من تعزيز التنوع البيولوجي،

وتوفر فرصًا للترفيه والاسترخاء، وتخفيف آثار الجزر الحرارية الحضرية. [أ.د.البرملجي، وآخرون (2017)،
Azizi, L. Kouddane. N (2024)]

1. معالجة التغير المناخي والحياة على الأرض، والتأكيد على الطاقة النظيفة والمتجددة. والتي بدورها تقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة.
2. تنفيذ الممارسات والسياسات الخضراء والحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزيز استخدام الموارد المستدامة وتحسين جودة الحياة لسكانها، لتحقيق المدن والمجتمعات المستدامة.
3. تعزيز التنقل المستدام مثل المشي وركوب الدراجات والنقل العام، والتقليل من المركبات الخاصة، مما يؤدي إلى انخفاض انبعاثات الكربون وتحسين جودة الهواء.
4. القضاء على الفقر وتأمين الصحة الجيدة والعدالة الاجتماعية والرفاهية لجميع السكان، من خلال خلق فرص العمل في الفراغات الخضراء، وتحسين الوصول إلى الخدمات الأساسية.

1.3 التحديات والفرص

على الرغم من الفوائد المحتملة، فإن تحقيق المدينة الخضراء يواجه العديد من التحديات: التخطيط غير المتكامل، ومقاومة التغيير، ونقص التمويل، والقيود المؤسسية والتنظيمية. فالعمران في المدن العربية التقليدية عفاً على حساب المساحات الخضراء، الى جانب تدهور المباني القديمة والتراثية الداعمة للهوية والانتماء وتلويثها للمشهد العام. رغم ذلك حافظ تخطيط المدينة القديمة على أساسياته، من سوق رئيسي متصل بشكل مباشر مع المسجد والأزقة الفرعية التي تنتهي بالأحياء السكنية، رغم استحداث فراغات عامة جديدة ومناطق خضراء وساحات انتظار السيارات وغيرها من المساحات العامة. ويمكن لهذه المدن أن تسرع انتقالها نحو الاستدامة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، من خلال ضرورة الحفاظ على المباني القديمة وتأهيلها وترميمها. ومعالجة التحديات، والاستفادة من الفرص: مثل التقدم التكنولوجي، وزيادة الوعي العام، والتعاون بين أصحاب المصلحة. [Garipour, M]



الشكل رقم (1): نموذج المدينة العربية التقليدية

المصدر: Garipour, M. *The Bazaar in Islamic City*. The American University in Cairo Press. Cairo

ثانياً: التحول الحضري للفراغات الخضراء ضمن المدينة العربية التقليدية:

يدعو الأداء العضوي للمدن العربية التاريخية، وارتباط كل وحدة سكنية عضوياً بجيرانها، إلى إنشاء كتل مبنية ذات أشكال متداخلة توفر استمرارية غير منقطعة بين المنازل. تتداخل فيه المنازل مثل الخلايا العضوية، مما يخلق نسيجاً محكمًا كثيفاً ومسامياً ممزوجاً بتباينه الخاص. يمنح التصميم الحضري للمدن القديمة مظهرًا وكأنها هيكل واحد كبير. وقد صُممت

عروض الشوارع لمنع جدران المنازل من ارتفاع درجة الحرارة خلال فصل الصيف. ويؤكد التصميم الحيوي المناخي على بناء التجمعات الحضرية في المدن القديمة، على العلاقة بين الشكل الحضري والشمس والرياح واستخدام المواد المحلية، وتفاعل المنازل مع الأرض والشكل الحضري، تنشأ من نهج تصميمي يقطر كان مرتبطاً دائماً بالموارد البيئية المحلية. [Garipou M]

تحتوي المدينة العربية التقليدية العديد من الخصائص التي ميزت نسيجها، وجعلت منه نموذجاً تخطيطياً يُحتذى به بيئياً واجتماعياً، أبرزها:

1- التسلسل الهرمي:

يتمثل بتنظيم الفراغات والمسارات الحضرية بتدرج واضح من العام إلى الخاص، وذلك على مستوى المدينة ككل. مع التأكيد على محاور الحركة الواضحة التي تصل إلى فناء وسطي مفتوح بين الكتل البنائية. [م.حسين؛ الشيماء. (2021)]

2- التنوع:

التنوع بالأنماط العمرانية ضمن نسيج المدينة العربية التقليدية، والفراغات حسب الأنشطة المستخدمة. والتأكيد على الاحتواء ضمن الفراغ والتنوع في الشكل الحضري الذي انعكس على تصميم الواجهات العمرانية، والتي أعطت انسجاماً واضحاً مع الطبيعة المحيطة، من خلال الزراعة العمودية واستخدام العناصر النباتية المستدامة في واجهات المباني. [البستجي، قسام (2024)]

3- التضام:

يعد التضام من أهم الخصائص التي تميز بها نسيج المدينة العربية التقليدية، والذي يعكس الاستمرارية والتأكيد على الفضاء المترابط للمدينة. فالشكل الحضري والنشاط البشري يترابطان بشكل مدمج من خلال النسيج الحضري المتضام على المستوى الأفقي، والاندماج على المستوى العمودي، من خلال استمرار وتناغم الشكل الحضري. [Addas, A] (2020)، [Garipour, M، البستجي، قسام (2024)]

4- المقياس الإنساني في التصميم الحضري للمدينة:

الذي يتأثر بنوعية النشاط الحضري ضمن الفراغ، مع التأكيد على الانسجام مع نوعية الاستعمال للأراضي في ذلك الفضاء، والذي يحدد بنوعية النشاط الإنساني، وعلى أساسه يتناغم الشكل الحضري للمدينة ضمن فراغاتها مع المقياس الإنساني، والتأكيد على العلاقة بين الأبعاد الأفقية والعمودية للفراغ الحضري الأخضر للمدينة العربية التقليدية. [أ.د. البرملجي، محمد.أ.د. أمين، أحمد.م. فتحي، داليا (2017)]

5- الارتفاعات المنخفضة:

المباني منخفضة الارتفاع، دون الحاجة إلى الأبراج والصروح داخل المناطق المركزية في المدينة. بالإضافة إلى تشكل خط السماء المؤلف من المآذن والقباب التي تعكس المشهد الحضري للمدينة العربية التقليدية.

[Azizi,L. Kouddane.N] (2024)

6- الاحتواء والتآلف المجتمعي:

من خلال التدرج في النسيج والفراغات، ودراسة الفراغ العام ونشاطه (كالأسواق، حدائق المساجد، والساحات، الخ) الذي يؤكد على روح المكان والتواصل والتآلف المجتمعي. [الشوك، نور. الخفاجي، احمد (2018)]

7- التكيف البيئي:

من أبرز خصائص المدينة العربية التقليدية هو استجابتها لظروف المناخ والقدرة على التكيف مع تخطيط وتصميم المدينة. ويظهر هذا التكيف من خلال الفناء الداخلي في الوحدة السكنية، والفراغات العامة ضمن التكتلات العمرانية، وصولاً إلى تخطيط الشوارع والأزقة. [Azizi, L. Kouddane. N] (2024)

8- الوصلية وانشيائية الحركة:

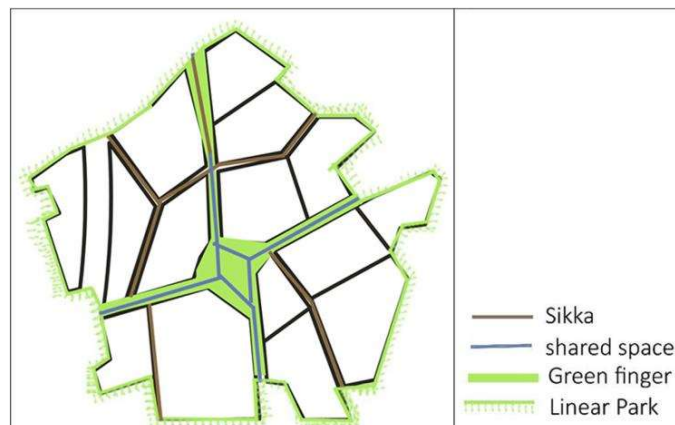
تتكون منظومة الحركة في المدينة العربية التقليدية من أربع مستويات: [د. ضاشوالي، احمد. وآخرون (2025)]

أ. الشوارع التي تربط المدينة بالمركز.

ب. الشوارع التي تربط الخدمات والمحلات المجاورة.

ت. الطرق الثانوية داخل المجاورة.

ث. الأزقة الخاصة المغلفة للمباني.



الشكل رقم (2): أنواع الشوارع المكونة لمنظومة الحركة ضمن نسيج المدينة العربية التقليدية

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

تستند استعمالات الأراضي في المدن العربية التقليدية على أساس التكامل بين المكونات الدنيوية ضمن المعتقدات الدينية والجوانب الروحية، حيث تميزت بخلط استعمالاتها بين الديني والحكومي والتجاري والفضاءات. [الشوك، نور. الخفاجي، احمد (2018)]

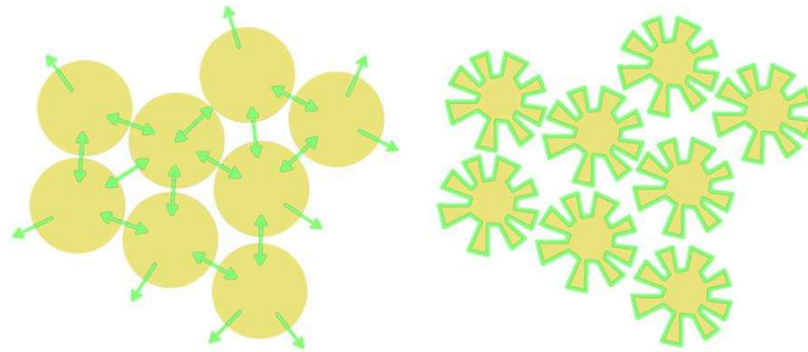
ثالثاً: نماذج الفراغات الخضراء ضمن المدينة العربية التقليدية

النتيجة الرسمية لهذا التوجه هو إعطاء الشبكة الحضرية فراغات خضراء ومظهراً متكاملًا. من خلال التطرق إلى مفهومي المدن المستدامة والمدن العربية التقليدية وتعريف بخصائص كل منها، للوصول إلى مؤشرات قابلة لقياس مدى التحول الحضري المستدام للفراغات الخضراء ضمن البيئة العمرانية للمدينة العربية التقليدية:

1. نموذج المدينة البيئية المستدامة:

وضع المنظرين أكثر من تصور لنموذج المدينة البيئية المستدامة كان أبرزها نموذج مدينة **Eco police**، والتي تطرح نمط حياة حضري من خلال تفعيل استخدام الطاقة الخضراء والموارد المتجددة المستدامة (كالرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية للأرض... إلخ) وتشمل البيئة العمرانية المخططة لهذا النموذج بناء مدينة متعددة المراكز **Multiple**

Centers ليعيش المواطنون بالقرب من عملهم ومراكز النقل العام. مع تطوير مناطق متضامه ومدمجة قابلة للسير. تمكن من تقليل استخدام السيارات والتأكيد على النقل العام المحوري ومسارات المشاة الخضراء ولتقليل الانبعاثات الكربونية، مع تخضير المدن باستخدام الحدائق المعلقة (زراعة الاسطح والواجهات)، ونشر المزارع العضوية والبحيرات على أطراف العمران لتحقيق الأمن الغذائي والاكتفاء الذاتي. [El Amrousi,M. Paleologos,E. Caratelli,P.] Elhakeem.M (2018)



الشكل رقم (3): نموذج مدينة متعددة المراكز Multiple Centers

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

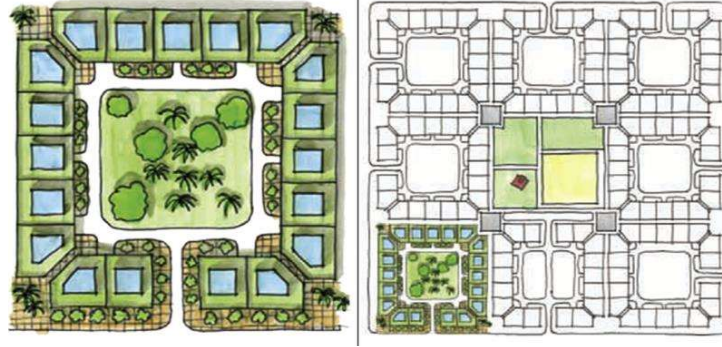
وفي إطار هذا النموذج تم صياغة عدد من المبادئ والأسس التصميمية والتخطيطية لتحقيق مفهوم المدن البيئية المستدامة ضمن المدن العربية التقليدية، من خلال التأكيد على الأبعاد الخمسة في تشكيل نموذج للفراغ العربي التقليدي المستدام وفق مبادئ التصميم الحضري المستدام:

أ. البعد العمراني:

يعتمد هذا البعد على التأكد من الاستمرارية والاندماج الحضري للكتل العمرانية وفراغاتها، وفق نسيج تخطيطي متضام متوازن لا يتأثر بالمتغيرات المحيطة:

- الوصلية والانتقال بسهولة بين الشوارع.
- جودة الساحات والفراغات العامة الخضراء.
- واجهة الشارع التي تعكس طبيعة الأنشطة والفعاليات ضمن الفراغ الأخضر.
- الشكل الحضري للفراغ الأخضر الجاذب للسكان.

[(2023) M. Karimi,H.Zarie,E. Sepehri,B. Adibhesami,M. Pourjafar]

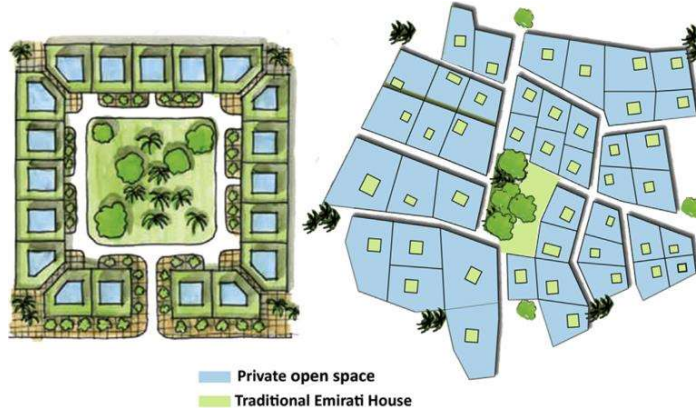


الشكل رقم (4) : نموذج الفناء الداخلي وتكراره ضمن المجاورة الواحدة
المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

ب. البعد الاجتماعي

التأكيد على الفراغ العام الأخضر، بدءاً من نواة البيت العربي التقليدي (الفناء) إلى الأفنية الخارجية التي تتشكل من نوعية النشاط، الذي يعزز التفاعل المجتمعي بين أفراد المجتمع العربي الإسلامي (حديقة المسجد، ساحة العيد،... إلخ)، الذي أدى إلى: [S. Metwaly, W. Dwidar (2019)]

- توافر الخدمات التجارية والصحية والتعليمية.
- تنوع الأماكن والمناسبات الإسلامية والثقافية.
- وجود مكان للذاكرة الجماعية والاحتفالات بالأعياد والمناسبات الدينية.
- ظهور الاستخدامات المكتملة في النهار والمساء.



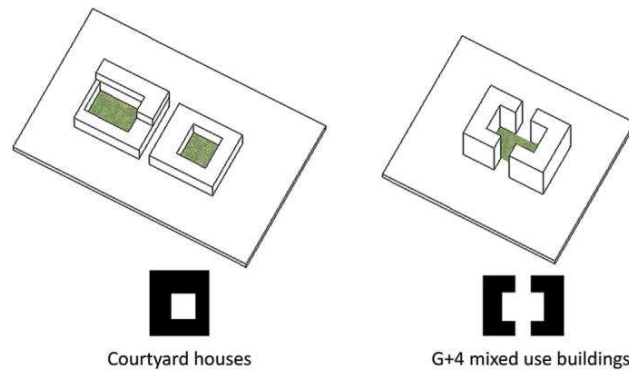
الشكل رقم (5): نموذج الفناء الخارجي بين الوحدات السكنية

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

اعتماد أنظمة اقتصادية متناسبة مع العمليات البيئية للمكان والطبيعة والموارد المتوفرة من خلال اعتماد الموارد البيئية المحلية في بناء واجهات الكتل العمرانية التي تشكل الشكل الحضري للفراغ الأخضر، مع التأكيد على خطط استعمالات الأراضي ضمن المدينة وفق الآتي: [Salat, S (2010)]

- توافر المراكز التجارية والخدمية.
- إدارة الأماكن وفرص العمل.

- استخدام الموارد الطبيعية والبشرية المتوفرة في البيئة المحيطة.



الشكل رقم (6): تطور نموذج الوحدات السكنية الحديثة مع دمج استعمالات الأراضي
المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

ث. البعد الرمزي:

يعتمد هذا البعد على التأكد من روح المكان التي تربطه بالثقافة العربية الإسلامية، وارتباط الفراغ الأخضر (الفناء) بنوعية النشاط الاجتماعي أو الديني الذي تتم ممارسته من قبل المجتمع العربي الإسلامي (كالصلاة، التواصل مع الله، الاحتفال بالمناسبات الدينية، الأعياد، إلخ): [Shublaq,I. Abu Raed ,A. Alqalami,T. Altwassi ,E.] (2021)Pizarro,R

- الدمج والتعايش مع روح الإسلام.

- التأكيد على هوية المدينة العربية الإسلامية وصورتها الحضرية.

- مراعاة الطابع التاريخي للمشهد الحضري للمدينة.

ج. البعد البيئي:

البعد البيئي في المدينة العربية التقليدية يقوم على الاستفادة من الموارد الطبيعية والحد من تلوثها. مع الأخذ في الاعتبار تصميم عمراني يراعي المناخ: [Al-Jaberi1,A. Al-Khafaji,A. Al-Salam,N. (2021) Alrobaee,T

- استخدام الواجهات الخضراء والزراعة العمودية.

- التأكيد على عناصر الظلال من (مظلات وعرائش وأشجار).

- التأكيد على العناصر المائية (نافورة، مسطح مائي).

- التأكيد على استخدام مواد بناء محلية.

2. تطوير النماذج العمرانية للفراغات الخضراء على مستوى المدينة العربية التقليدية:

على أساس استعراض الأبعاد الأساسية في تشكيل نسيج المدينة العربية الإسلامية، وضعت معايير التصميم العمراني المستدام التي تم استخدامها في تطوير نموذج الفراغ الأخضر وفق خصوصية المدينة العربية التقليدية والذي يقوم على الأسس الآتية: [T. Rihan,G. Abdelsalam(2013)

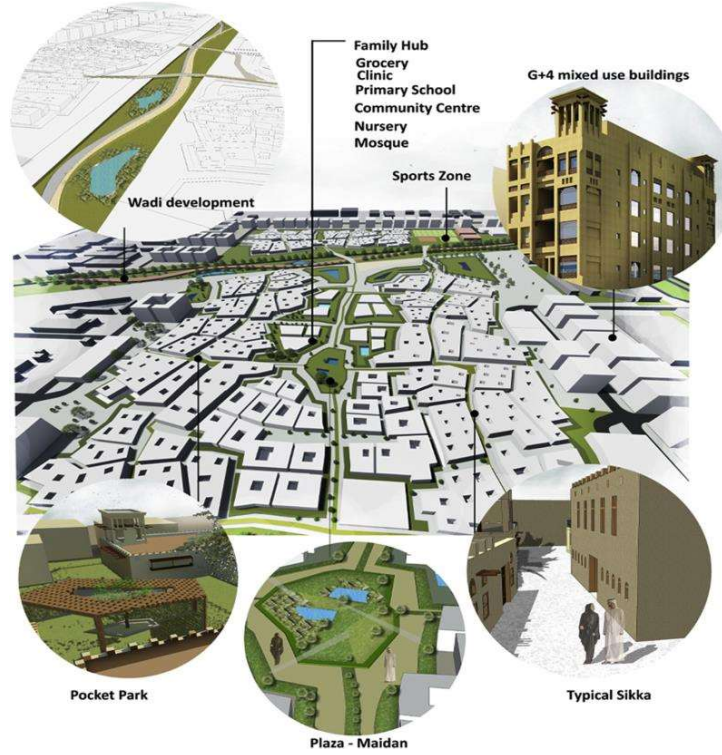
1. التأكيد على معايير الحفاظ على العناصر التقليدية للمدينة العربية الإسلامية ودعمها بالأنشطة الاجتماعية الخاصة بطبيعتها وهويتها العربية الإسلامية (كساحة المسجد، ساحة العيد، الفناء).
2. الاهتمام بالحفاظ على الطابع العمراني للمدن العربية الإسلامية ومحيطها العمراني، من خلال الحفاظ على الصورة الحضرية للمدينة وخط السماء التقليدي (المآذن، القباب).
3. الاهتمام بمسارات الحركة كالشوارع ومسارات المشاة وخاصة الأماكن التقليدية الأثرية، والتأكيد على دور الأزقة ومسارات المشاة في الحفاظ على البيئة العمرانية والطبيعية للمدينة، وتقليل معدلات التلوث والتلاوم مع المناخ، مع التأكيد على روح المكان والنسيج الحضري المتضام (السوق الرئيسي بالقرب من المسجد، الشوارع العضوية، الأزقة).



الشكل رقم (7-8): تطور نموذج المدينة العربية التقليدية وفق مبادئ الاستدامة (الفراغات والمسارات الخضراء)

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

4. تطبيق آليات الإدماج الحضري بين البيئة العمرانية التقليدية القديمة والحديثة، من خلال تطوير وسائل التكنولوجيا والوسائل الحديثة في دراسة طبيعة المدن التقليدية. ووضع المؤشرات التي تساهم في الاستدامة العمرانية للمدن العربية التقليدية ومحيطها العمراني، تدمج العناصر التقليدية مع الحلول الحديثة، مع التركيز على الاستدامة البيئية والاجتماعية. [محسين؛ الشيماء (2021)]



الشكل رقم (8): النموذج الأحدث لتكوين الفراغات الخضراء ضمن المدينة العربية التقليدية المستدامة

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

رابعاً: تحليل تجارب مدن عربية مستدامة (تقليدية - مهجنة)

1. التجربة الأولى (مدينة القاهرة - مصر):

إن الفراغات العمرانية العامة في المدن العربية التقليدية جزء لا يتجزأ من عمران المدينة، وتشتمل على محددات وقواعد خاصة بها، مما يكسبها طابعها الخاص. وفي إطار دراسة أسس الفراغات العمرانية الخضراء وإدارتها، تم الأخذ بعين الاعتبار الأطر التقليدية للمدينة العربية الإسلامية، وتطويرها بما يتلاءم مع الوضع الراهن للعمران الحديث والمجتمع المعولم.

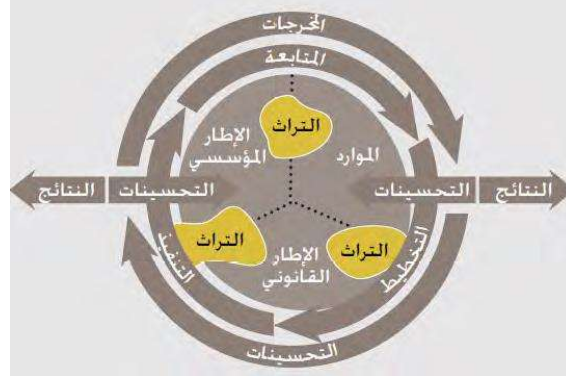
وعند دراسة حالة مدينة القاهرة تم التوصل إلى صياغة "نموذج" لإدارة الفراغات العمرانية الخضراء والتي تعتبر إحدى المراكز الأساسية للارتقاء بالوضع القائم في المناطق ذات الحاجة الملحة للتنمية العمرانية والإحياء العمراني لفراغاتها العامة. وكانت فكرة النموذج في مدينة القاهرة تقوم على خطة إدارة التراث الثقافي، وهي الوثيقة التوجيهية والمرجعية التي يتم تطويرها لوضع نظام إداري معين يقوم على استراتيجيات في التخطيط والتنفيذ والمتابعة للحفاظ على التراث وصولاً إلى مخرجات تقوم على تحسين البيئة العمرانية. [البستجي، قسام (2024)]

1.1 المبدأ:

هي الأداة التي تحدد وتضع الاستراتيجيات الملائمة والأهداف والقواعد والإجراءات الأساسية، لإدارة التراث العربي الإسلامي في مدينة القاهرة ولاسيما الفراغات العامة الخضراء بصورة فعالة ومستدامة. مع تنمية البيئة العمرانية المحيطة بشكل فعال.

1.2 الهدف:

تحقيق التوازن بين احتياجات التراث الثقافي الإسلامي واحتياجات "مستخدمي" الفراغات الخضراء للمدينة التقليدية. وقد أشار ميثاق فاليتا Valletta لحماية المدن والمناطق التاريخية وإدارتها، إلى أهمية خطة الإدارة ووصفها بأنها "الوثيقة التي تحدد بالتفصيل جميع الاستراتيجيات والأدوات التي ستستخدم لحماية التراث، والتي تستجيب في الوقت نفسه لاحتياجات الحياة المعاصرة.. وتتضمن التشريعات والوثائق المالية والإدارية، وكذلك خطط الحفاظ والمتابعة". [2018] دهب، هدير]



الشكل رقم (11): خطة إدارة التراث الثقافي في مدينة القاهرة

المصدر: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08650>

1.3 الأسس المتبعة في التصميم الحضري المستدام:

قامت خطة إدارة التراث الثقافي في مدينة القاهرة بما يخص الفراغات العامة الخضراء على أساس استراتيجيتين للتحويل الحضري، توضح الأسس و المبادئ المعتمدة في تطوير نموذج الفراغات الخضراء ضمن مدينة القاهرة التقليدية:

1.3.1 استراتيجية الحفاظ: [2018] دهب، هدير]

حماية السمات العمرانية التراثية، وحفظ الخصائص التاريخية التقليدية للمدينة الإسلامية دون تغييرات، أو بالاستعانة بتغييرات محددة في المظهر الخارجي للسياق العمراني الإسلامي في الفراغ العام، وفق الآتي:

- **الصيانة:** الحفاظ على سلامة الأصول الموجودة بالمنطقة المفتوحة، وقابليتها للاستخدام من خلال الصيانة الوقائية والروتينية.

- **التحسين:** التحسين لصالح المشاة من خلال أعمال التبديلات أو الإضافات السطحية، التي يمكن التراجع عنها فيما بعد (كالعرائش، الأسواق المسقوفة)،
- **التأهيل:** تطوير استخدامات سابقة أو استخدامات جديدة، من خلال أعمال تتمحور إما في الحفاظ على التصميم، أو إعادة تشكيله جزئياً.
- **الارتقاء:** تحسين الاستخدامات السابقة و/ أو تطوير المنطقة المفتوحة لاستخدامات جديدة دون تبديلها بشكل كامل، من خلال أعمال تسمح بتبديلات كبرى في التصميم.

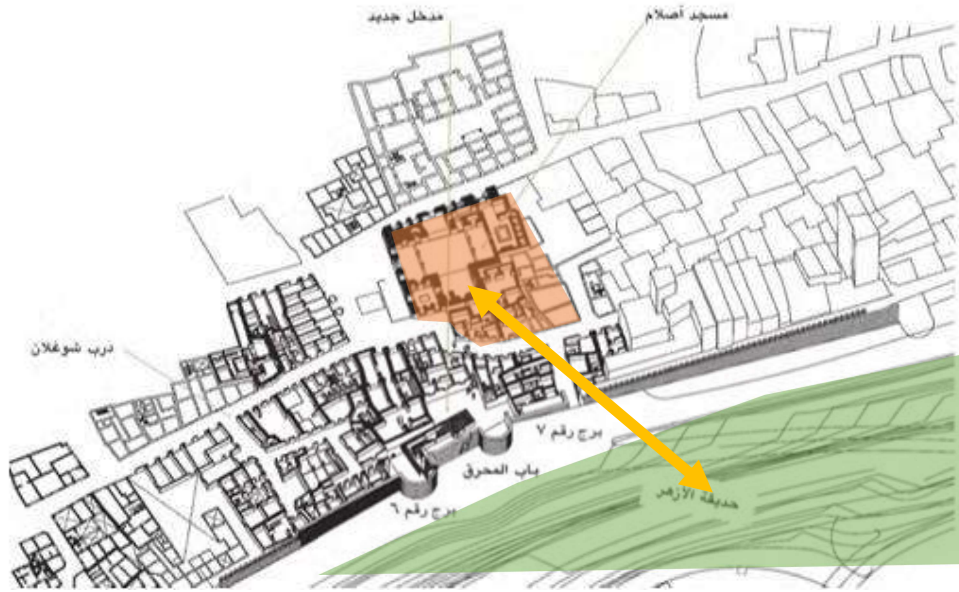
1.3.2 استراتيجية التحويل: [Rabbat,N]

- تحويل المناطق المفتوحة القائمة لتشكيل تكويناً فريداً ومدمجاً في السياق العمراني التقليدي، أو على الأقل يخفف من أثرها السلبي عليه:
- **إعادة تنظيم:** التعديل في إنشاء أو شكل المنطقة المفتوحة العمرانية وسماتها الحالية، من أجل إعادة هيكلة السمة المكانية للفراغ الأخضر.

- إعادة تشكيل: التعديل في هيكل أو نمط المنطقة المفتوحة الخضراء، بشكل متسق مع السمات الحالية.
- إنشاء فراغات جديدة: تغيير استخدام الأرض لإنشاء منطقة مفتوحة خضراء على قطعة أرض لمبنى سابق.

1.4 التنفيذ: مشروع ارتقاء وتطوير الميدان

كان مشروع الارتقاء بميدان أصلام وتطويره، أحد مشاريع برنامج الارتقاء بالبنية التحتية والفراغات العمرانية العامة، ضمن المشروع الأشمل " الإحياء العمراني للدرب الأحمر". واهتم البرنامج بالفراغات العامة المفتوحة الرئيسية والمحلية، والتي تلعب دوراً هاماً في تشكيل البيئة العمرانية للمنطقة التاريخية وتؤثر على جودتها، مثل الشوارع التجارية والفراغات العمرانية الهامة. [(2018) دهب، هدير]



الشكل رقم (12): موقع عام لميدان أصلام والبيئة العمرانية المحيطة وارتباطها بحديقة الأزهر

المصدر: Aga Khan. Aga Khan Trust for Culture, Historic Cities Support Programme.

(2005). Cairo: Urban Regeneration in The Darb Al –Ahmar District: A Framework for

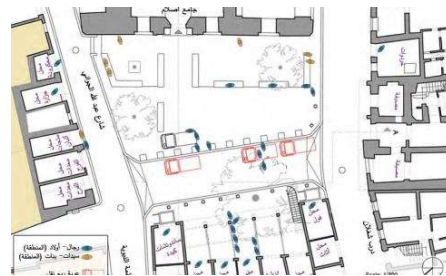
تمت دراسة الموقع و تحديد احتياجات السكان التي ركزت على العديد من النقاط لمعالجة تلك المشاكل، وتضمنت:

- زيادة المسطحات الخضراء وأماكن لعب الأطفال.
 - زيادة المساحة أمام المسجد وتوفير مقاعد الجلوس الملائمة.
 - الرصف المناسب للميدان.
 - توفير أماكن الانتظار البديلة للسيارات الخاصة والنقل الصغير
 - توفير الخصوصية لمسارات وحركة المشاة.
 - صيانة وترميم المباني السكنية المحيطة بالميدان.
- وهدفت تلك التدخلات العمرانية لتحسين الميدان والارتقاء ببيئته العمرانية ومحيطه، وخلق فراغ عمراني أخضر تقليدي جذاب، يؤكد على هوية المدينة العربية الإسلامية. [(2010) Salat,S]، (2018) دهب، هدير]



الشكل رقم 13-14: قطاع طولي يوضح علاقة المسجد بالميدان وواجهات المباني المحيطة

المصدر: .Aga Khan. Aga Khan Trust for Culture, Historic Cities Support Programme. (2005). Cairo: Urban Regeneration in The Darb Al -Ahmar District: A Framework for Investment. Aga



الشكل رقم (15) : مسقط الفراغ العام الأخضر لميدان أصلام التاريخي بعد التحويل

المصدر: .Aga Khan. Aga Khan Trust for Culture, Historic Cities Support Programme. (2005). Cairo: Urban Regeneration in The Darb Al -Ahmar District: A Framework for



الشكل 16-17: تشجير ميدان أصلام بعد التطوير والنشاطات البشرية ضمنه

المصدر: .Aga Khan. Aga Khan Trust for Culture, Historic Cities Support Programme. (2005). Cairo: Urban Regeneration in The Darb Al -Ahmar District: A Framework for Investment. Aga
2. التجربة الثانية (مدينة الرياض – المملكة العربية السعودية):

توصلت المملكة العربية السعودية إلى مرحلة تتطلب معالجة منهجية لاستخدام المساحات المفتوحة العامة للأنشطة الترفيهية، وذلك في أعقاب التوسع السريع للمناطق الحضرية وتوافر القدرة على القيام بذلك، من خلال التصميم والدراسات للمناظر الطبيعية.

2.1 المبدأ:

يجب أن يعكس التخطيط التراثي الثقافي للمدن السعودية، ومتسقاً مع التعاليم الإسلامية. كما يجب أن يعكس تخطيط المساحات المفتوحة العامة التغييرات الرئيسية التي حدثت في المملكة العربية السعودية، من الانفتاح والتعايش مع الجنسيات المختلفة على مدى السنوات الماضية. [Addas, A (2020)]

2.2 الهدف:

تهدف المملكة العربية السعودية إلى أن تصبح واحدة من الدول الرائدة في الشرق الأوسط والعالم. وفق الأهداف الاستراتيجية لرؤية عام 2030، حيث تعكس التغييرات وتقدم الحلول والإجراءات والآليات اللازمة، مثل تحسين قابلية العيش وتحسين المشهد الحضري في المدن السعودية. [الهيئة الملكية لمدينة الرياض 2025]

2.3 الأسس المتبعة في التصميم الحضري المستدام وفق: [S. Matway (2019), Didar]

تم الأخذ بعين الاعتبار الظروف الاجتماعية للمدينة من حيث التركيبة السكانية والثقافة والعرق واللغة. والتركيز على الترتيب المكاني للمساحات المفتوحة في المدينة، ووضع الأسس والاستراتيجيات مع التقييم لمواقع الدراسة وفق / التصميم والتخطيط، الموقع، جودة المكان /. فكانت أهم الأسس المشتركة وفق استراتيجية استدامة الرياض:

- وضع الإرشادات وسياسات تخطيط وتصميم وإدارة وتشغيل المساحات العامة المفتوحة والخضراء.
- وضع المعايير لاختيار الموقع لإنشاء مساحات عامة مفتوحة خضراء جديدة.
- الأخذ بالاعتبار الفئات الديموغرافية والعمرية المختلفة، والجنسين في تحديد نوعية الأنشطة التي تشغل الفراغ العام الأخضر.
- تحسين الصورة الحضرية للفراغ العام الأخضر من خلال الفرش والأثاث والواجهات الخضراء.
- تجهيز المسارات الخاصة بالمشاة والدراجات لتحقيق الوصلية والربط الحركي والبصري للفراغ.
- تأمين الخدمات والمراكز التجارية القائمة على رفع القيمة الاستثمارية للفراغ.

2.4 مشروع الرياض الخضراء :

- الرؤية: يسهم مشروع الرياض الخضراء في رفع نصيب الفرد من المساحة الخضراء في المدينة، وزيادة نسبة المساحات الخضراء الإجمالية فيها من خلال تكثيف التشجير في كافة عناصر المدينة، مع تحقيق الاستغلال الأمثل للمياه المعالجة في أعمال الري، بما يساهم في تحسين جودة الهواء وخفض درجات الحرارة في المدينة وتشجيع السكان على ممارسة نمط حياة أكثر نشاطاً وحيوية بما ينسجم مع أهداف وتوجهات " رؤية السعودية 2030 ".

[Addas, A (2020)]

- الهدف: يستهدف برنامج مشروع الرياض الخضراء زراعة أكثر من (7.5) مليون شجرة في كافة أنحاء مدينة الرياض حتى عام 2030م، لرفع نصيب الفرد من المساحة الخضراء في مدينة الرياض من (1.7) متراً مربعاً إلى (28) متراً مربعاً، بما يعادل 16/ ضعفاً، وزيادة نسبة المساحات الخضراء الإجمالية في المدينة من (1.5%) إلى (9%) مما يساهم في تحسين جودة الحياة في مدينة الرياض وفق استراتيجية استدامة الرياض. وذلك ضمن ثلاث مجموعات رئيسية من المشاريع: [الهيئة الملكية لمدينة الرياض 2025]

(a) مشاريع تشجير المدينة:

- 43 حديقة كبرى

- 148 كم² من الأودية وروافدها
- 1205 كم طولي من الطرق الرئيسية
- طريق رئيسي مُشجّر بأشجار مقاومة للجفاف يعزز الظل ويحد من الوهج الحراري

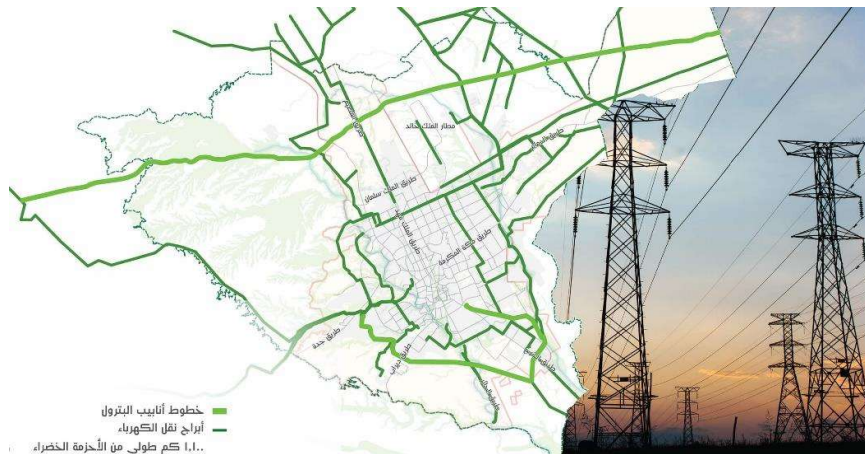


الشكل رقم (18): مشروع الرياض الخضراء – الفراغات الخضراء

المصدر: <https://old.rcrc.gov.sa/ar/projects/green-rivadh>

(b) مشاريع تشجير الأحياء :

- 3,331 حديقة حي
- 5,939 مدرسة
- 4,500 مسجد
- 387 منشأة صحية
- 4,936 كم طولي من الشوارع الداخلية
- 1,665 مجمع حكومي
- 2,000 موقع لمواقف السيارات
- شارع مزروع بالأشجار وأحواض نباتية



الشكل رقم (19) : مشروع الرياض الخضراء – مسارات النقل المستدام

المصدر: <https://old.rcrc.gov.sa/ar/projects/green-rivadh>

(c) مشاريع الخدمات والبنية التحتية:

- إنتاج الشتلات
- بنك البذور
- تربية ورعاية الأشجار
- مراكز ومختبرات للتدريب
- المساجد



الشكل رقم (20): مشروع الرياض الخضراء - المساجد

المصدر: <https://old.rcrc.gov.sa/ar/projects/green-riyadh>

خامساً: تحوّل الفراغات الخضراء في مدينة دمشق: [HASANEN,A (2019)]

لقد شهدت دمشق توسعاً حضرياً كبيراً واضطرابات اجتماعية وسياسية في العقود الأخيرة. وعلى الرغم من تراثها التاريخي والثقافي الغني، فإن الدراسات الشاملة التي تحلل وتفسر تحولات هويتها الحضرية نادرة وبشكل ملحوظ. وغالباً ما كانت تركز الأدبيات على الجوانب التاريخية أو المعمارية، ونادراً ما كانت تتناول العوامل الاجتماعية والسياسية المعاصرة المؤثرة على الهوية الحضرية.

لطالما اعتُبرت العلاقة بين الثقافة وانعكاساتها في دراسة الفراغات موضوعاً مهماً في التجارب العالمية والمحلية، وقد كان التوجه بدراسة عمران وثقافة المدينة وفراغاتها. وإحدى العمليات التي أطلقتها سلسلة من الدراسات والتطبيقات المتعلقة بالفراغ، هي عملية تغيير الطابع الاجتماعي (Gentrification)، ويشير هذا المصطلح إلى تحويل المناطق الحضرية الهامشية اجتماعياً في المدن المركزية.

ووفق هذا التوجه تم دراسة وتشكيل مدينة دمشق القديمة بشكلٍ تدريجي ومتزامن. فكان التطوير لهذا الجزء من المدينة التاريخية القائمة بشكلٍ أساسي على الحركة التجارية للأسواق، والاجتماعية للمساجد والبيوت القديمة. والاعتماد على استراتيجية إعادة التأهيل للفراغات العامة، مع إدخال عنصر الاستدامة لتحقيق شروط المدينة الخضراء المستدامة.

وبالدراسة والتحليل لهذه المدينة، يمكن ملاحظة أن الفراغ هو نتيجة للتفاعل بين الجهات الفاعلة الاجتماعية، وليس مجرد مساحة للتفاعل. أي أن الفراغ هو منتج اجتماعي-اقتصادي. وللتأكيد على استدامته كان لابد من إضافة العامل البيئي

كفراغ أخضر. وكان اعتماد استراتيجية إعادة التأهيل تقوم على الأسس التصميمية للفراغ العمراني وفقاً لنمط حياة الافراد المستخدمين له، ومن خلال التركيز على ثلاثة جوانب:

1. الطابع الفراغ:

تم توصيف (الطابع الفراغ) من قبل الدارسون على أنه " تقليدي ". استخدموا هذا المصطلح للإشارة إلى البيئة المبنية وإلى نمط الحياة والعلاقات الاجتماعية. يعتبرون أن البيئة المبنية " تقليدية " لأنها بنيت وفقاً لطرق بناء "تقليدية" واستخدام مواد بناء "تقليدية". وبالتالي يعتبرون نمط الحياة "تقليدياً" لأنه يعتمد على قيم "تقليدية" مثل الأسرة والمجتمع والضيافة. كما يعتبرون العلاقات الاجتماعية "تقليدية" لأنها تستند إلى روابط القرابة والجيرة. [Yousef, R. Val'anszki, I] (2025)



الشكل رقم (21) : فناء البيت الدمشقي الأخضر

المصدر: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.aljazeera.net>

استخدموا الطابع الفراغ بطرق تتفق وتعريفهم له. استخدموا البيئة المبنية للسكن والعمل والترفيه، والمساحات العامة للاجتماع والتواصل، والمساحات الخاصة للراحة والخصوصية. [Copertino,D(2000)]



الشكل رقم (22) : الحديقة البيئية – محيط قلعة دمشق

المصدر: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons>

3. صورة الفراغ

وقد تم توصيف صورة الفراغ باستخدام لغة " التقليد ". يتحدثون عن البيئة المبنية على أنها "جميلة" و "أصيلة" و "تقليدية". ويتحدثون عن نمط الحياة على أنه "بسيط" و "هادئ" و "تقليدي". ويتحدثون عن العلاقات الاجتماعية على أنها "دافئة" و "ودية" و "تقليدية". [Mansour, H.M](2024)



الشكل رقم (23) : حديقة قصر العظم – صورة عن حدائق القصور الإسلامية

المصدر: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Felan.gov.sy%2F2017>

❖ الاستنتاجات:

والخلاصة تؤكد على أنه لا بد من دمج مبادئ الاستدامة والتمدد الأخضر في التخطيط والتصميم العمراني للمدن العربية التقليدية، عبر عملية تحول حضري. والمحافظة على الهوية العربية في ظل مواجهة تحديات العصر الحديث والعولمة. والتأكيد على خصوصية المدينة العربية التقليدية، مثل التسلسل الهرمي للفراغات، التنوع، التضام، المقياس، الارتفاعات المنخفضة، التكيف البيئي، مع التركيز على دور الفراغات الخضراء في استدامتها.

يمثل التحول المستدام للفراغات الخضراء في المدن العربية فرصة استراتيجية لمواجهة التحديات البيئية والحضرية المعاصرة. لا يهدف هذا التحول الى مجرد زيادة الرقعة الخضراء. بل الى احياء نموذج حضري متوازن يجمع بين خطة إدارة التراث في التعامل مع المناخ والبيئة وبين معطيات العصر لضمان مرونة المدن وجودة حياة سكانها مع الحفاظ على هويتها الثقافية المميزة.

التحول الحضري المستدام للمدن العربية وفراغاتها ليس رفاهية، بل ضرورة لمواجهة التحديات البيئية والاجتماعية. يجب أن يكون إحياء وتطوير الفراغات الخضراء في صلب هذا التحول، وليس كساحات زينة، بل كبنية أساسية حيوية تعيد التوازن البيئي، وتقوي النسيج الاجتماعي، من خلال الربط الواعي بين إرث الماضي وحاجات المستقبل. يشكل التحول الحضري للفراغات الخضراء في المدن العربية التقليدية، مساراً إلزامياً نحو مدن أكثر مرونة واستدامة. لا يقتصر هذا التحول على مجرد زيادة المساحات الخضراء، بل هو عملية شاملة تعيد تصور العلاقة بين الانسان والبيئة الحضرية. هذا التحول مرهون بتبني نهج تخطيطي متكامل يربط بين جميع القطاعات، ويشرك جميع الأطراف.

تناول موضوع البحث التحول الحضري للفراغات الخضراء في المدن العربية التقليدية، مع التركيز على دمج مبادئ الاستدامة والتمدد الأخضر ضمن النسيج العمراني التقليدي، مع الحفاظ على التراث العمراني للمدينة العربية التقليدية. هذا التحول نحو هذه الرؤية يتطلب إرادة سياسية حقيقية، استثمارات ذكية، ومشاركة مجتمعية.. وهو استثمار في جودة الحياة للأجيال الحالية والقادمة.

تشجيع البحث العلمي التطبيقي في مجال الاستدامة الحضرية المرتكزة على التراث وتطوير مؤشرات لقياس جودة الفراغات الخضراء. وتوثيق ونشر أفضل الممارسات في استعادة الفراغات الخضراء التقليدية، وإنشاء فراغات جديدة مستدامة لخلق مرجعية عربية معيارية.

المراجع العربية:

- البستجي، قسام. (2024) *أهمية البيئة التحتية الخضراء في إنشاء مدن صديقة للبيئة في البلديات*. الأردن، وزارة الإدارة المحلية، بلدية الكرك الكبرى.
- د. ضاشوالي، احمد. د.السقا، هبة م. عبدالعال، عيبر. (2025)*سمات شبكة الفراغات العمرانية الحيوية في المدينة ودورها في دعم تحقيق الاستدامة العمرانية* مجلة جامعة حماة ، المجلد الثامن، الجزء الأول ..
- الشوك، نور. الخفاجي، احمد.(2018) *نحو مدن مدمجة مستدامة (دراسة تحول مدينة النجف التقليدية إلى مدينة مدمجة مستدامة* Urban and Regional Planning in Iraq, KnE.
- أ.د. البرملجي، محمد.أ.د. أمين، أحمد.م. فتحي، داليا. (2017) *المدن البيئية المستدامة بين النظرية والتطبيق* Journal Urban Research
- م. حسين؛ الشيماء. (2021) *التخطيط الحضري المستدام للمحيط العمراني في المناطق التاريخية دراسة (القاهرة التاريخية)*مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية.
- دهب، هدير. (2018). *رسالة ماجستير بعنوان: إدارة الحفاظ في الفراغات العمرانية بالمدن التاريخية*. مصر، القاهرة، جامعة القاهرة.
- الهيئة الملكية لمدينة الرياض 2025.

References:

- Azizi,L.Kouddane.N.(2024)* The green city as a driver of sustainable development*J. Umm Al-Qura Univ. Eng.Archit..<https://doi.org/10.1007/s43995-024-00077-x>
- Garipour, M.*The Bazaar in Islamic City*. The American University in Cairo Press.Cairo .
- Salat,S. 2010* Sustainable Arabic Urban Design at Neighborhood Scale, a Morphological Approach*. Urban Morphology Lab. Sustainable Architecture and Urban Development, Amman,
- Shublaq,I. Abu Raed ,A. Alqalami,T. Altwassi ,E. Pizarro,R.(2021)* Integrating the traditional Emirati community within urban fabric of the city to enhance the historical identity*.Elsevier Ltd.
- Rabbat,N.* A Brief History of Green Spaces in Cairo*
- Addas, A. (2020).*Enhanced Public Open Spaces Planning in Saudi Arabia to Meet National Transformation Program Goals*.Current Urban Studies,8, 184–204.

- Zarie,E. Sepehri,B. Adibhesami,M. Pourjafar ,M. Karimi,H. (2023). * A strategy for giving urban public green spaces a third dimension: A case study of Qasrodasht, Shiraz*.Elsevier Inc.
- Yousef, R. Val'anszki, I. (2025). * Beyond greens: Urban development and green space availability in residential areas of Damascus*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2025.100235>
- Copertino,D .(2000)* The Production of Valuable Space:Gentrification of the Old City of Damascus as a Field of Social Practices, Representations, and Relations*.Università degli Studi di Milano–Bicocca.domenico.copertino@unimib.it
- Mansour, H.M.; Alves, F.B.;Ricardo da Costa. 2024* A. Urban Identity in Transition: A Metropolitan Analysis of Damascus*. Urban Sci..<https://doi.org/10.3390/urbansci8040246>
- El Amrousi,M. Paleologos,E. Caratelli,P. Elhakeem.M.(2018). * Are Garden Cities in the Desert Sustainable? The Oasis City of Al Ain in the Emirate of Abu Dhabi*.IRSPSDA International, Vol.6A No.1, 79–94<https://doi.org/10.24517/00053278>.
- Abdelsalam ,T. Rihan,G.(2013). * The impact of sustainability trends on housing design identity of Arab cities*. Housing and Building National Research Center<http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.03.002>
- HASANEN,A. (2019).* Master Thesis: Green Spaces Under Threat: The Case of Damascus*.ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE FRANÇOIS RABELAIS DE TOURS Spécialité Spécialité Aménagement et environnement.
- Dwidar ,S. Metwaly,W. (2019).* THE CONCEPT OF GREEN AREAS THROUGH VAROUIIS HISTORICAL ERAS A CASE STUDY FOR GREEN AREAS IN HERITAGE AREAS OF EGYPTIAN AND SAUDI ARABIAN COUNTRIES*.Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering Vol. 47 No. 6.
- Al-Jaberi1,A. Al-Khafaji,A. Al-Salam,N. Alrobaee,T. , 2021* The Crossing as a New Approach for the Urban Transformation of Traditional Cities Towards the Sustainability*International Journal of Sustainable Development and Planning.Vol. 16, No. 6, October, 2021, pp. 1049–1059. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160606>.

"دراسة المحتوى الكيميائي للزيت الناتج من أوراق نبات القريص السوري بطريقة جديدة وفعاليتها البيولوجية"

* جوان الاومري ** د. نجوى مرقص حداد *** د. سوسن يوسف سعد

(الإيداع: 2 كانون الأول 2025، القبول: 19 شباط 2026)

الملخص:

استخلص الزيت من أوراق نبات القريص السوري لأول مرة باستخدام جهاز عصر زيوت كهربائي ثم حددت محتويات الزيت الناتج بتقانة GC/MS. إن النسبة المئوية للزيت الناتج هي 0.5% من وزن الأوراق المدروسة. تم تحديد 10 مركبات في الزيت الناتج وشكلت هذه المركبات 100% من عينة الزيت. لوحظ أن أهم المركبات الموجودة في المستخلص هي مركبات دهنية ومشتقاتها وتربين وتوكوفيرول جميعها ذات خصائص بيولوجية مضادات أكسدة ومضادات التهاب مهمة. درست سمية الزيت الناتج على البكتيريا السالبة لصبغة غرام Gr- الأشركية القولونية *E. coli* حيث وجد أن له تأثير سمي فعال عليها عند جميع التراكيز المدروسة.

الكلمات المفتاحية: نبات القريص ، زيت ، مركبات كيميائية ، آغار ، بكتيريا.

*طالب ماجستير – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة اللاذقية

** أستاذ مساعد – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة اللاذقية

***أستاذ مساعد – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة اللاذقية

" Studying the chemical content and biological activity of oil extracted from Syrian nettle leaves (*Urtica dioica*) using a new method "

Juana ALomeri*

Najwa haddad**

Sawsan yousef saad***

(Received: 2 December 2025, Accepted: 19 February 2026)

Abstract:

The oil was extracted from the leaves of the Syrian nettle (*Urtica dioica*) plant for the first time using an electric oil press , and then the contents determined using GC\MS technology. The percentage of oil produced was 0.5% of the weight of the studied leaves. Ten compounds constitute 100% of the oil sample. It was observed that the most important compounds found in the extract are fatty compounds and their derivatives , terpenes , and tocopherols , all of which have important antioxidant and anti-inflammatory biological properties. The toxicity of the resulting oil was studied on Gram-negative *Escherichia coli* bacteria ,and it was found to have a potent toxic effect on them at all studied concentrations

Keywords: Nettle (*Urtica dioica*) plant , oil , chemical compounds , Agar, Bacteria .

*Masters Student – Department of Chemistry – Faculty of Science – University of Latakia .

**Assistant Professor – Department of Chemistry – Faculty of Science – University of Latakia .

***Assistant Professor – Department of Chemistry – Faculty of Science – University of Latakia .

المقدمة:

النباتات الطبية هي المصدر الرئيسي للعقاقير الطبية (أو مصدر المواد الفعالة) التي تدخل في تحضير الدواء على شكل خلاصات أو مواد فعالة أو مواد خام لإنتاج بعض المركبات الكيميائية التي تعد النواة للتصنيع الكيميائي لبعض المواد الدوائية المهمة . [1]

تكتسب النباتات الطبية أهميتها من المكونات الكيميائية الفعالة التي تحتويها، وهي مواد عضوية يتم اصطناعها نتيجة عمل الخلايا النباتية ، بالاعتماد على إنزيمات ومواد بسيطة بعملية تسمى الاصطناع الحيوي . لا تزال مقاومة مضادات الميكروبات تمثل أحد أخطر التحديات الصحية العالمية. لذلك، يُعدّ تحديد المركبات ذات الآليات المضادة للبكتيريا متعددة الأهداف، أمراً بالغ الأهمية لتطوير علاجات مستقبلية فعّالة.

يتمتع هذا النبات المنتشر في العديد من المناطق السورية بأهمية علمية وتطبيقية واقتصادية لذلك تم اختياره من أجل تسليط الضوء على أهميته والتعرف على بعض مكوناته ودراسة تأثيره في البكتيريا السالبة لصبغة غرام Gr- الأشرية القولونية *E. coli* التي تنتمي إلى عائلة Enterobacteriaceae، تتواجد على شكل خلايا عسوية باللون الأحمر تسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي وتسبب الإسهال الدموي وإسهال مخاطي. لها القدرة على إفراز السموم وتسبب الأطفال والكبار وتسبب التهابات في الجهاز البولي. [2]

أهداف البحث :

- 1- استخلاص الزيت من أوراق نبات القريص السوري الجافة باستعمال جهاز عصر زيوت كهربائي (عصر على البارد).
- 2- دراسة وتحديد مكونات الزيت الناتج عن عملية عصر أوراق نبات القريص السوري باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا الغازية المرتبطة مع مطيافية الكتلة.
- 3- دراسة سمية الزيت الناتج على البكتيريا السالبة لصبغة غرام Gr- الأشرية القولونية *E. coli*؛ كونها بكتيريا ممرضة وخطيرة على صحة الإنسان.



الشكل رقم (1): نبات القريص السوري

1. المواد المستعملة:

- أوراق نبات القريص من منطقة بسنادا - ريف اللاذقية - سوريا.
- دي ميتيل سلفوكسيد (for HPLC, gradient grade, $\geq 99.9\%$).
- وسط مولر هينتون (Muller Hinton Agar) ، درجة بيولوجية، الشركة المصنعة الهند(Himedia).

2- الأجهزة والأدوات المستعملة :

1. جهاز الكروماتوغرافيا الغازية المقترن بمطيافية الكتلة (GC-MS)، طراز GC-17A/QP5050، من إنتاج شركة Shimadzu ألمانيا.
2. فرن تجفيف كهربائي، من إنتاج شركة Heraeus ألمانيا.
3. غرفة زراعة جرثومية، طراز JSCB-1200SB، من تصنيع كوريا.
4. حاضنة مزودة بمنظم حرارة أمان، مصنعة محلياً في سوريا.
5. جهاز تعقيم بالبخار (أوتوكلاف)، طراز JSAC-40، من تصنيع ألمانيا.
6. ميزان إلكتروني حساس، من إنتاج شركة Denver Instruments ألمانيا.
7. ماصات دقيقة (Micropipettes)، من إنتاج شركة Human ألمانيا.
8. ثلاجة، من تصنيع شركة LG كوريا.
9. مطحنة كهربائية، طراز Maximan-PRS.
10. جهاز كهربائي لعصر مكونات طبيعية للنباتات للحصول على الزيت.
11. أدوات أخرى:

- MacFarland (جهاز لتحديد تركيز الجراثيم في المصل الفيزيولوجي)
- ميزان حرارة زجاجي
- أطباق بتري معقمة
- أدوات مخبرية قابلة للتعقيم بالأوتوكلاف

كما تم استخدام أدوات زجاجية مخبرية قياسية، شملت : أرلينات، بياشر، أسطوانات مدرجة، دوارق كروية القاع.

3 - طرائق العمل:

جمعت أوراق نبات القريص وجففت جيداً في مكان ظليل في درجة حرارة الغرفة إلى حين ثبات وزنها لحساب نسبة الرطوبة، ثم طحنت بمطحنة كهربائية للحصول على درجة النعومة المطلوبة تم عصرها باستعمال جهاز عصر زيوت كهربائي فتم الحصول على زيت أصفر مائل للأخضر. حفظ الزيت الناتج في زجاجة عاتمة محكمة الإغلاق في الثلاجة بدرجة حرارة 4 مئوية إلى حين إجراء التحليل.

3-1- تحليل الزيت العضوي : Analysis of organic oil

أنجز التحليل من خلال حقن 2µl من الزيت الناتج في جهاز GC/MS من نوع CHROMATEC 9000 -Mass Spectrometric Detector وباستخدام عمود شعري من النوع BP5MS بأبعاد مقاديرها (Lenght 30m* diameter 0.25 mm* thickness 0.25 µm) وغاز حامل هو الهيليوم نقاوته % 99.9999 بمعدل تدفق 1 ميكروليتر/دقيقة أما المذيب المستخدم كان n- هكسان. ثم ضبطت درجة حرارة الحاقن عند الدرجة 300 مئوية ودرجة حرارة مصدر التأين عند 280 مئوية.

بدأ البرنامج الحراري من الدرجة 80 مئوية حيث كانت درجة حرارة عمود الفرن وتم الإبقاء على هذه الدرجة لمدة 4 دقائق ثم رفعت إلى الدرجة 200 مئوية بمعدل 10 مئوية لكل دقيقة وتم الإبقاء على هذه الدرجة مدة 5 دقائق ثم تزداد درجة الحرارة بمقدار 7 درجات مئوية في الدقيقة حتى 300 درجة مئوية وتم الإبقاء على هذه الدرجة مدة 15 دقيقة. تم تحديد المركبات الكيميائية للزيت الناتج بمقارنة أطياف الكتلة الناتجة لكل قمة مع أطياف الكتلة للمركبات الموجودة في مكتبة جهاز.

أنجز التحليل في مخابر الهيئة العليا للطاقة الذرية في دمشق .

2-3- اعتيان العينة الجرثومية للاختبارات Preparing bacterial samples for tests

أمكن الحصول على نموذج الأحياء الدقيقة من عينة مرضية في مستشفى اللاذقية الجامعي باللاذقية، وجرى عزلها وتعريفها في المختبر الجرثومي للمستشفى، اعتماداً على الاختبارات الحيوية الكيميائية، وجرى تطبيق النشاط الصادي على الأحياء الدقيقة الآتية: *Escherichia coli*: Gram-negative bacteria

3-3- طريقة العمل البيولوجي:

أجري التحسس الجرثومي للزيت الناتج بطريقة الانتشار في حفر الأغار، على وسط مولر هينتون أغار لاستزراع الجراثيم في أطباق بتري المعقمة البالغ قطرها (9 سم) ولقح الوسط بمعلق جرثومي بواقع أربعة مكررات باستعمال ماسحة جرثومية معقمة لأخذ مسحة من الطبقة الجرثومية بعمر 24 ساعة ونقلها إلى مصف فيزيولوجي بتركيز 0.5 ماك فرلاند Mac Farland. بعد ذلك جرى صنع 5 حفر (قطرها 5 مم) في الطبقة الواحد، وإضافة الزيت الناتج بمعدل 20 ميكرو لتر إلى كل حفرة، ثم تركت مدة ساعة لتشريبها بالمادة الفعالة، وحضنت الأطباق بالدرجة 37 م مدة 24 ساعة.

أجريت الاختبارات بواقع ثلاثة مكررات وأربعة تراكيز (25, 50, 75, 100) ملغ/مل إلى الحفرة المقابلة. جرى تحديد فعالية عينة شاهدة تحتوي ثنائي ميتيل سلفوكسيد DMSO فقط لجميع الأطباق .

تم استخدام الصاد الحيوي Ciprofloxacin لأجل الجرثومة *Escherichia coli* تم تقييم النشاط المضاد للجراثيم عن طريق قياس قطر منطقة التثبيط ضد الجرثومة المدروسة، وأخذ المتوسط للمكررات.

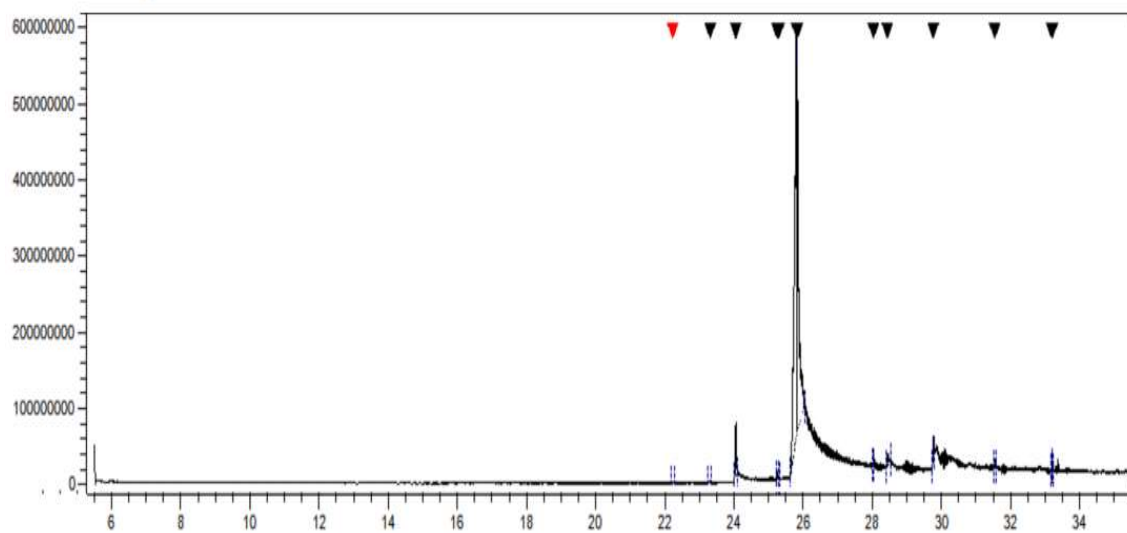
4- النتائج والمناقشة:

4-1- تحليل الزيت الناتج باستخدام تقنية GC-MS:

إن النسبة المئوية للزيت الناتج هي 0.5% من وزن النبات المدروس.

يبين الشكل (2) الآتي كروماتوغرام الـ GC/MS لمستخلص الزيت الناتج

Chromatogram



الشكل رقم (2): كروماتوغرام الزيت الناتج باستخدام تقنية GC\MS

تم من خلال تحليل الزيت الناتج باستخدام جهاز GC/MS التعرف على عشرة مركبات تمثل نسبة 100 % . كما هو موضح في الكروماتوغرام الشكل (2)

يبين الجدول الآتي المركبات الكيميائية الموجودة في الزيت الناتج:

الجدول رقم (1): المركبات الكيميائية الموجودة في الزيت الناتج

النسبة المئوية %	الكتلة الجزيئية g/mol	الصيغة المجملية	اسم المركب	زمن الاحتفاظ	القيمة
0.1	536	C ₄₀ H ₅₆	β- Carotene	22.23	1
0.1	502	C ₃₂ H ₅₄ O ₄	7,8-Epoxy lanostan-11-ol, 3-acetoxy-	23.31	2
2.9	256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	n-Hexadecanoic acid	24.05	3
46.8	280	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	(Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid	25.83	4
0.1	282	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	Oleic Acid	25.30	5
46.5	280	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	Linoelaidic acid	25.82	6
1.8	298.5	C ₁₈ H ₃₁ OC1	(Z,Z)- 9,12-Octadecadienoyl chloride,	29.76	7
1.2	306	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	(Z,Z,Z)- 8,11,14-Eicosatrienoic acid,	28.43	8
0.3	280	C ₁₉ H ₃₆ O	12-Methyl-E,E-2,13-octadecadien-1-ol	31.54	9
0.2	416	C ₂₈ H ₄₈ O ₂	γ-Tocopherol	33.21	10
100 %			Total		

2-4- نتائج تحليل GC-MS للزيت الناتج عن عملية العصر :

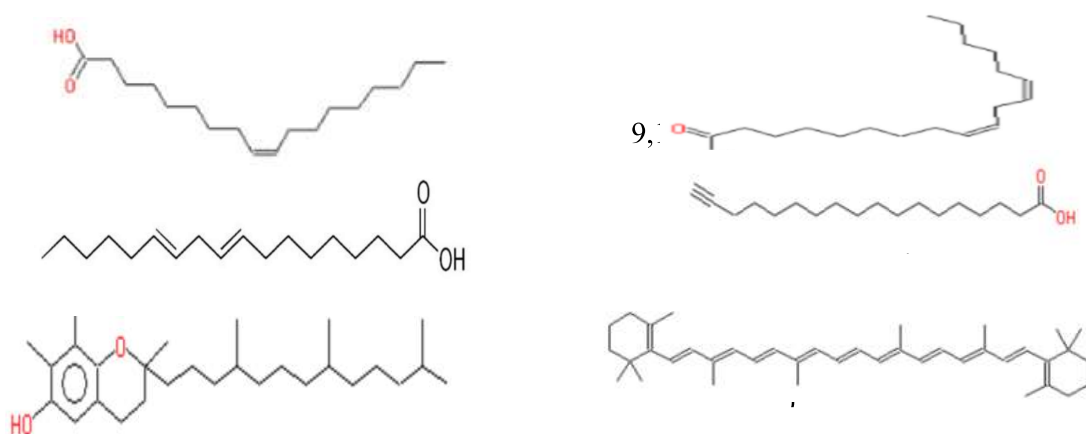
أظهر كروماتوغرام الـ GC/MS للزيت الناتج الشكل (1) والجدول (1) عشر مركبات مختلفة تمثل نسبة 100%. يتكون الزيت الناتج بشكل أساسي من مركبين من المركبات الهيدروكربونية بنسبة (93.3 %) وحموض دهنية وإستراتها (مشتقات حموض دسمة) بنسبة (3.8 %) ومركب تربيني بنسبة (0.1 %) و مركب توكوفيرولي بنسبة (0.2 %) ومركب كلوري بنسبة (1.8 %) كان المركب الأكثر وفرة الذي تم الحصول عليه هو المركب الهيدروكربوني 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)- بنسبة (46.8%) من الكمية الإجمالية . وجود أحماض دسمة وإستراتها مثبطة للبكتيريا الممرضة تؤثر في تكوين الأغشية الخلوية، مما قد يؤدي إلى تغيير في النفاذية والتوازن الأيوني داخل الخلية والتأثير في نمو الجراثيم.[3-4-5-6-7-8] .

بينت المقارنة مع الدراسات المرجعية التي اعتمدت طريقة كلافلنجر في استخلاص الزيت اختلافاً واضحاً في النتائج مثل:

Dicarboxylic acid, β-linalool, phytol, menthol, borneol, 3-Eicosene(E), 1,8- cineole, camphor. [9].

نستنتج أن الطريقة المستعملة في هذا البحث طريقة مجدية للحصول على مركبات جديدة ذات خصائص بيولوجية مهمة.

يبين الشكل الآتي الصيغ الكيميائية لبعض المركبات الموجودة في الزيت الناتج



الشكل رقم (3): الصيغ الكيميائية لبعض المركبات الموجودة في الزيت الناتج

3-4- نتائج دراسة تأثير الزيت الناتج في البكتيريا السالبة للغرام ومقارنتها مع الصادات الحيوية: (Results of a study on the effect of the resulting oil on Gram-negative bacteria and a comparison with antibiotics).

درست سمية الزيت الناتج على البكتيريا السالبة لصبغة غرام Gr- الأشرية القولونية *E. coli* عند أربعة تراكيز وهي % (25,50,75,100) بمعدل ثلاثة مكررات لكل تركيز .

يبين الجدول الآتي تأثير الزيت الناتج في البكتيريا السالبة لصبغة غرام Gr- الأشرية القولونية *E. coli* (متوسط قطر هالة التثبيط، مم $\pm$ sd لثلاثة مكررات) لأربعة تراكيز % (25,50,75,100)

يبين الجدول (2) الآتي تأثير الزيت الناتج في البكتيريا السالبة لصبغة غرام-Gr (متوسط قطر هالة التثبيط، مم $\pm$ sd لثلاثة مكررات) لأربعة تراكيز % (25,50,75,100).

الجدول (2): تأثير الزيت الناتج في البكتيريا السالبة لصبغة غرام-Gr

(متوسط قطر هالة التثبيط، مم $\pm$ sd لثلاثة مكررات) لأربعة تراكيز % (25,50,75,100).

المصدر Source	الجراثيم bacteria	التركيز %	الزيت الناتج The resulting oil	الصاد الحيوي CIP
البول Urine	<i>E. coli</i>	100	13.00 $\pm$ 0.24	R
		75	9.00 $\pm$ 0.46	
		50	07.00 $\pm$ 0.36	
		25	4.00 $\pm$ 0.30	

R: resistance; CIP: Ciprofloxacin

المتوسطات ضمن العمود الواحد للجرثومة ذات دلالة معنوية فيما بينها ($p < 0.05$) .

يبين الشكل الآتي مقارنة بين تأثير الزيت الناتج المدروس في البكتيريا المدروسة مع الصادات الحيوية:



(A)



(B)

الشكل رقم (3) : مقارنة بين تأثير الزيت الناتج المدروس في البكتيريا المدروسة مع الصادات الحيوية

(A): تأثير سمية الزيت الناتج في جراثيم الأشرية القولونية *E. coli*

(B): تأثير الصاد الحيوي (Ciproflxsasin)

أظهرت بكتيريا *E. coli* مقاومة للصادات الحيوية. بينما أظهرت حساسية اتجاه الزيت الناتج. كان تأثير الزيت الناتج المدروس في البكتيريا يزداد بازدياد تركيزه.

بدأ نشاط الزيت الناتج في البكتيريا السالبة لصبغة غرام *E. coli* عند التركيز 25% وكان متوسط قطر التثبيط 4.00 مم وكان عند التركيز 50% متوسط قطر التثبيط 7.00 مم وعند التركيز 75% كان متوسط قطر التثبيط 9.00 مم وعند التركيز 100% وكان متوسط قطر التثبيط 13.00 مم .

يمكن تفسير النشاط المضاد للبكتيريا الذي لوحظ في الدراسة الحالية من خلال قدرة المركبات النشطة بيولوجياً وهي الأحماض الدسمة وإستيراتها القادرة على تعطيل الأغشية البكتيرية وتدمير البروتينات الحيوية حيث تزيد من نفاذية الغشاء، مما يؤدي إلى تسرب المحتويات السيتوبلازمية وموت الخلايا. [10]

إن تعطيل الغشاء غالباً ما يتبعه تجمع الخلايا، مما يعزز التأثير القاتل للبكتيريا. [11]

يمكن أن تتداخل هذه المواد مع الإنزيمات البكتيرية واستقلاب الطاقة، [12]

5- الاستنتاجات :

- 1- طريقة عصر أوراق نبات القريص السوري باستخدام جهاز عصر زيوت كهربائي جديدة.
- 2- احتوى الزيت الناتج عن عملية العصر أحماضاً دسمة ومشتقاتها والشبيهة لها والتوكوفيرول مما يجعله مناسب أكثر من أي مستخلص آخر للاستخدام الغذائي والتجميلي.
- 3- أعطى الزيت الناتج عن عملية العصر مركبات كيميائية نشطة بيولوجياً تؤثر في الجراثيم الممرضة مثل: (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid, Linoelaidic acid

6- التوصيات :

- 1- استكمال دراسة هذا النبات من خلال عزل ودراسة مكونات الزيت وتحديد بنائها بطرائق طيفية جديدة والاستفادة من مركباته دوائياً بناءً على الشروط الطبية والدوائية القياسية .
- 2- الاهتمام بزراعة النبات في ترب زراعية جيدة لاستثماره بشكل أفضل لخدمة البشرية .
- 3- إجراء دراسة حيوية وتحليلية وسريرية من ذوي الاختصاص بشكل أوسع على زيوت هذا النبات نظراً لامتعه بفعالية طبية عالية وكبيرة كمضاد للفطريات والميكروبات .

المراجع

- 1- Ahmad I, Mehmood , Z,Mohammad F , (1998) . screening of some indian medicinal plants for their antimicrobial properties . *J Ethnophar macol* , 62, 93-183.
- كتاب علم الأحياء الدقيقة لمؤلفه د. هيام البشارة. من منشورات جامعة دمشق 2013-2014.
- 3- Kavak, DD.; Altio, E.; Bayraktar, O.; Ulku, S.; Pistacia terebinthus extract: As a potential antioxidant, antimicrobial, and possible [3-glucuronidase] inhibitor. *J Mol Catal B Enzym*;64(3): (2010) 167-1.
- 4-Ghannoum, M.A.; Rice, L.B. Antifungal agents: Mode of action, mechanisms of resistance, and correlation of these mechanisms with bacterial resistance. *Clin. Microbiol. Rev.*, 12, (1999) 501– 517.
- 5-Karaman, I., Sahin, F., Gulluce, M., Ogutcu, H., Sengul, M. and Adig UZEL, A. Antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts of *Juniperus oxycedrus* L. *J. Ethnopharmacol.* 85, (2003) 231–235.