مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبترولية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 48 . العدد 2

1448 هـ - 2026 م

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

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

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

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

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

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

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

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

أ- قياس الورق 17.5×25 B5.

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

ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8

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

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

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

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

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

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

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

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

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

وفيما يلي مثال على ذلك:

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

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

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

مثال على ذلك:

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. **دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.**
2. **دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .**
3. **دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .**
4. **دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
دراسة مرجعية لخصائص مستخلصات القريص والشيح والنعناع البري وتقديم اقتراح لنظام تغليف غذائي نشط وذكي قابل للتطبيق محلياً	الباحثة: هيفاء أحمد	46-11
دراسة الشروط المثلى لعملية استخلاص الصبغة البيتالين من الشوندر الأحمر	م. علا دياب د. عبد العزيز عبارة د. نسرين البيطار	74-47
دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في خصائص الصمون	هبة شتور د. محمد مصري د. شريف صلدق	116-75
دراسة تأثير بعض مواصفات أقمشة المناشف قبل وبعد الصباغة على خصائص الامتصاص	م.يعرب اليوسف د. يوسف إبراهيم	147-117

دراسة مرجعية لخصائص مستخلصات القريص والشيح والنعناع البري وتقديم اقتراح لنظام تغليف غذائي نشط وذكي قابل للتطبيق محلياً

اعداد : هيفاء أحمد

الملخص:

تم إجراء هذا البحث بهدف دراسة الخصائص المضادة للميكروبات والمضادة للأكسدة لثلاثة نباتات طبية محلية شائعة في سوريا، هي القريص (*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، النعناع البري (*Mentha spp.*) وتحليل إمكانية استخدامها كمكونات فعالة في أنظمة التغليف النشط للأغذية. ثم استعراض المقالات العلمية الحديثة حول التركيب الكيميائي الحيوي لهذه النباتات وآليات عملها ضد الميكروبات المسببة لفساد الأغذية، مع التركيز على قابليتها للتطبيق في أنظمة التغليف الغذائي النشط. أظهرت الدراسات أن هذه المستخلصات تحتوي على مركبات فينولية وفلافونويدات وزيوت طيارة فعالة تسهم في تثبيط نمو البكتيريا والفطريات، وتأخير عمليات الأكسدة، مما يساهم في تحسين سلامة الأغذية، وتمديد مدة صلاحيتها. بالإضافة إلى ذلك، تم اقتراح تصور عملي قابل للتنفيذ محلياً لنظام تغليف نشط يعتمد على دمج هذه المستخلصات النباتية ضمن مواد تغليف مناسبة حيث تشير الدراسات إلى أن دمج هذه المستخلصات في مواد بوليميرية قابلة للتحلل قد يوفر حلاً مستداماً وصديقاً للبيئة للتغليف الغذائي، بما يعزز الاتجاهات العالمية نحو بدائل طبيعية للمواد الحافظة الكيميائية. يفتح هذا التوجه آفاقاً لتطبيقات صناعية مبتكرة تدعم استراتيجيات الاستدامة والأمن الغذائي.

الكلمات المفتاحية:

Urtica dioica، *Artemisia spp.*، *Mentha spp.*، مضادات الأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، التغليف الغذائي النشط، الاستدامة.

A reference study of the properties of nettle, wormwood, and wild mint extracts, and a proposal for a locally applicable, smart, and active food packaging system

Abstrac

t:

This research was conducted with the aim of studying the antimicrobial and antioxidant properties of three common local medicinal plants in Syria, namely nettle (*Urtica dioica*), wormwood (*Artemisia spp.*), and wild mint (*Mentha spp.*), and analyzing their potential use as active ingredients in active food packaging systems. The study then reviewed recent scientific articles on the biochemical composition of these plants and their mechanisms of action against food spoilage microbes, focusing on their applicability in active food packaging systems. Studies have shown that these extracts contain phenolic compounds, flavonoids, and volatile oils that effectively inhibit the growth of bacteria and fungi, It also slows down oxidation processes, which contributes to improved food safety and extended shelf life. In addition, a locally feasible and practical concept for an active packaging system based on incorporating these plant extracts

into suitable packaging materials has been proposed, as studies indicate that incorporating these extracts into biodegradable polymer materials may provide a sustainable and environmentally friendly solution for food packaging, bolstering global trends toward natural alternatives to chemical preservatives. This trend opens up opportunities for innovative industrial applications that support sustainability and food security strategies.

Keywords:

Urtica dioica, *Artemisia spp.*, *Mentha spp.*, antioxidants, antimicrobial activity, active food packaging, sustainability.

المقدمة:

تعد سلامة الأغذية من القضايا الحيوية التي تواجه تحديات متزايدة على المستويين العالمي والمحلي خاصة في ظل تفاقم التلوث الميكروبي، وسوء ظروف الحفظ، والتوسع في استخدام المواد الحافظة الكيميائية، التي ترتبط بعضها بمخاطر صحية محتملة على المدى الطويل. وتبرز أهمية تطوير استراتيجيات جديدة وفعالة تضمن جودة الأغذية وسلامتها دون الإضرار بصحة المستهلك، ولاسيما في الدول النامية، حيث تكون أنظمة الرقابة الغذائية محدودة.

في هذا الإطار، شهد قطاع التغليف الغذائي تحولات نوعية تمثلت في تبني مفاهيم التغليف النشط والذكي، وهي تقنيات لا تقتصر على العزل الفيزيائي للغذاء عن الوسط الخارجي، بل تتفاعل مع البيئة الداخلية للمنتج من خلال إطلاق أو امتصاص مواد معينة، مثل مضادات الأكسدة أو المواد

المضادة للميكروبات، أو عبر مراقبة التغيرات التي تطرأ على المنتج خلال فترة التخزين (Periyasamy, Asrafali and Lee, 2025). ويعد دمج المركبات الحيوية الفعالة المستخلصة من النباتات الطبيعية والعطرية في مواد التغليف النشط من أبرز الاتجاهات الحديثة، لما لها من قدرة على تثبيط نمو البكتيريا والفطريات، إطالة العمر التخزيني للمنتجات الغذائية.

تلعب النباتات الطبية دوراً محورياً في البحث عن بدائل طبيعية آمنة للمواد الحافظة الصناعية، لما تحتويه من مركبات نشطة بيولوجياً مثل الفينولات، الفلافونويدات، والزيوت الطيارة، التي تمتلك خصائص مضادة للميكروبات ومضادة للأكسدة. وتتميز سوريا بتنوع نباتي فريد يضم العديد من الأنواع الطبية المعروفة تقليدياً والتي يمكن استثمارها في تطبيقات صناعية مبتكرة من أبرز هذه النباتات: القريص(*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*)، حيث أشارت دراسات محلية ودولية إلى امتلاك مستخلصاتها نشاطاً ملحوظاً ضد طيف واسع من الكائنات الدقيقة (Liu *et al.*, 2023;Parente *et* al., 2024;Faisal *et* al., 2023)

انطلاقاً من ذلك، استعرضت هذه الدراسة التقدم البحثي في مجال التغليف النشط الذي يحتوي على مستخلصات طبيعية فعّالة من القريص والشيح والنعناع البري في حفظ الأغذية، بما في ذلك خصائصها المضادة للأكسدة والميكروبات.

كما شمل مقترح عن نظام تغليف نشط يعتمد على دمج هذه المستخلصات النباتية ضمن مواد تغليف مناسبة، حيث يمثل هذا التوجه خطوة نحو دعم الاعتماد على الموارد الطبيعية المحلية وتقديم حلول تقنية مستدامة وصديقة للبيئة في مجال حفظ الأغذية، في ظل الحاجة المتزايدة لتحسين جودة المنتجات وتقليل الاعتماد على الإضافات الكيميائية المستوردة.

منهجية المراجعة:

تعتمد هذه المقالة على مراجعة سردية للأدبيات العلمية المنشورة في مجلات محكمة، والمتعلقة بالخصائص المضادة للميكروبات والمضادة للأكسدة لمستخلصات نبات القريص *Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*)، مع التركيز على إمكانيات توظيفها في أنظمة التغليف الغذائي النشط. تم البحث في قواعد بيانات علمية متعددة مثل Scopus و Web of Science و Google Scholar، باستخدام كلمات مفتاحية من بينها: "النشاط المضاد للميكروبات"، "المستخلصات النباتية"، "التغليف الغذائي النشط"، و"المركبات الحيوية". وقد شملت المراجع المدروسة الدراسات المنشورة خلال العقدين الأخيرين، مع التركيز على المقالات التي تناولت الجوانب التجريبية أو المراجعات العلمية ذات الصلة. تم تحليل النتائج الواردة في هذه الدراسات بطريقة وصفية مقارنة، بهدف استخلاص الاتجاهات البحثية السائدة وتحديد الفجوات المعرفية والتطبيقية في هذا المجال.

عرض ومناقشة الدراسات السابقة:

أولاً: نبات القريص(*Urtica dioica*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

- الاسم الشائع: القريص
- الاسم العلمي: *Urtica dioica L.*
- العائلة النباتية: Urticaceae. (Đurović *et* al., 2024)

الانتشار الجغرافي:

يعد نبات القريص (*Urtica dioica*) من النباتات العشبية المعمِّرة واسعة الانتشار في المناطق المعتدلة من العالم، وينمو عادةً في البيئات الرطبة والمظللة والتربة الغنية بالمواد العضوية. كما

يندرج ضمن الكتالوجات النباتية في شرق المتوسط بما في ذلك سوريا ولبنان، مما يؤكد وجوده الطبيعي في هذه المنطقة (Weigend *et* al., 2006)

التركيب الكيميائي الأساسي:

يحتوي القريص على مجموعة واسعة من المركبات الفعالة بيولوجياً، أبرزها مركبات فينولية (مثل حمض الكلوروجينيك وحمض الكافيك)، فلافونويدات (كالكيرسيتين والروتين)، ستيرولات نباتية، تربينات، وسكريات معقدة ومركبات أخرى ذات نشاط دوائي ووقائي. تراكيز الفينولات والفلافونويدات تُعد مسؤولة عن الجزء الكبير من النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات.(Đurović *et* al., Meryem *et* al., 2020; 2024)

النشاط المضاد للميكروبات:

أظهرت دراسات مخبرية متعددة أن مستخلصات *U. dioica* تمتلك نشاطاً مضاداً لمجموعة واسعة من البكتيريا والفطريات، شملت مؤشرات فعالية ضد *Esherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* وبعض أنواع Candida. تُعزى الآلية إلى تداخل المركبات الفينولية والفلافونويدية مع غشاء الخلية الميكروبية وزيادة الإجهاد التأكسدي داخل الخلايا الممرضة. مع ذلك، تتفاوت قيم الفعالية (مثل MIC أو zone of inhibition) باختلاف طريقة الاستخلاص والمذيب والسلالة المختبرة. (Đurović *et* al., Meryem *et* al., 2020; 2024)

طرق الاستخلاص:

تتباين طرق الاستخلاص المستخدمة باختلاف الهدف من المستخلص: الاستخلاص بالمذيبات التقليدية (ماء، إيثانول، ميثانول، سوكسلت) يعطي مستخلصات غنية بأنواع مختلفة من المركبات،

بينما أساليب ‹‹خضراء›› حديثة مثل الاستخلاص بالموجات الدقيقة (MAE)والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية (UAE) تحسن انتقائية وسرعة استخلاص الفينولات دون تحللها، وتُعد MAE و UAE الأكثر كفاءة لاستخلاص الفينولات من القريص وفق مراجعات حديثة. (Đurović *et* al., 2024; review references)

السلامة والسمية:

يعتبر القريص آمناً في الاستخدام التقليدي، وهناك بيانات تشير إلى سلامته عند الاستعمالات الغذائية والطبية المعتادة، مع تقارير محدودة عن تهيج جلدي أو تداخلات دوائية (مثل التأثير المدر للبول الذي قد يتداخل مع بعض أدوية الضغط أو السكري). لذلك توصى دراسات المراجعة بتقييم السلامة والسمية المزمنة قبل التطبيق الصناعي الواسع في الأغذية. (Taheri *et* al., 2022)

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

أظهرت دراسات تطبيقية دمج مستخلصات القريص في مصفوفات بوليميرية (مثل أغشية كيتوزان أو طلاءات البروتين) تأثيرات مفيدة: خفض نفاذية بخار الماء، زيادة النشاط المضاد للأكسدة في الأغشية، تحسين الحماية ضد الأكسدة الضوئية، وتأخير الفساد الميكروبي عند تطبيقها على لحوم وأسماك وأجبان. وقد سجلت دراسات مخبرية وتطبيقات شبه صناعية تمديداً ملحوظاً لفترة الصلاحية في منتجات مثل لحم البقر المبرد، فيليه الأسماك، وجُبن هافارتي عند دمج مستخلص القريص ضمن أغشية أو طلاءات غذائية. هذه النتائج تشير إلى قابلية حقيقية لتوظيف القريص كعنصر نشط في أنظمة التغليف القابلة للتحلل أو الصالحة للأكل. (Aksu *et* al., 2015; Erbay *et* al., 2017; Flórez *et* al., 2023a)

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات القريص في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات نبات القريص كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط، مع بيان نوع الغذاء، آلية التأثير، مدة الحفظ، والنتائج التطبيقية.

المنتج الغذائي	نوع المعاملة/التقنية	الجرعة	مدة الحفظ	الآلية الحيوية في الحفظ	المرجع
لحم بقر طازج	طبقة تغليف من Ε–polylysine مدمجة بمستخلص القريص	0.5 % مستخلص مائي	21 يوماً (تحزين بارد عند 0.5 ± 2°C	تثبيط نمو البكتيريا المسببة للفساد، تأخير الأكسدة، تحسين الخصائص الحسية	(Aksu *et* al., 2015)
فيليه سمك الترويت Oncorhynchus mykiss	1–طبقة تغليف من مصل اللبن+ ألياف نانوية PCL محملة بالقريص 2–طبقة –Ε polylysine مدمجة بمستخلص القريص	1% مستخلص مائي	غير محدد (تخزين مبرد)	تحسين الجودة أثناء التخزين المبرد نشاط مضاد للأكسدة والميكروبات وتمديد فترة الصلاحية	(Erbay *et* al., 2017)
جبن هافارتي (شرائح معبأة بالتفريغ)	أغشية كيتوزان نشطة مدمجة بمستخلص القريص تستخدم	1% مستخلص مائي	غير محدد (تخزين بالتفريغ)	تثبيط الأكسدة الدهنية وتأخير التغيرات الحسية غير المرغوبة	(Flórez *et* al.,

	كفواصل بين الشرائح				2023b)
فيليه سمك Eleutheronema tetradactylum	أغشية كيتوزان/نشاء الذرة مدمجة بمستحلبات نانوية من زيت القريص	0.5 % مستخلص زيتي	غير محدد (تخزين مبرد)	تقليل نمو البكتيريا المسببة للفساد وتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية خلال التخزين المبرد	(Opačić *et al.*, 2024)
سمك الكيلكا المفروم	معالجة بالمستخلصات الطبيعية + تخزين عند 2 °C−	200−400 جزء في المليون مستخلص مائي أو هيدروكحولي	28 يوماً (تخزين فائق التبريد عند 2− °C	تأخير التدهور الكيميائي وإطالة العمر التخزيني	(Ahmadi *et al.*, 2014)
بسكويت القمح المملح	دمج مسحوق أوراق القريص في العجين	5−15 % (مسحوق أوراق القريص المجففة)	6 أيام (تخزين في درجة حرارة الغرفة)	تحسين الخصائص الحسية والميكروبيولوجية	(Hassan,2023)

ثانياً: نبات الشيح (*Artemisia spp.*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

- الاسم الشائع: الشيح
- الاسم العلمي: .*Artemisia spp*
- العائلة النباتية: Asteraceae (Compositae)، وهي واحدة من أكبر العائلات النباتية وأكثرها تنوعاً.

الانتشار الجغرافي:

ينتشر الشيح عالمياً في معظم القارات خاصةً في نصف الكرة الشمالي، ويضم أكثر من 500 نوع. يعد وسط آسيا مركز تنوعه الرئيسي، مع انتشار ثانوي في البحر المتوسط وأمريكا الشمالية. تفضل أنواعه البيئات الجافة والمعتدلة(Sharifi-Rad *et* al., 2022).أما من ناحية التوفر المحلي، يتواجد *Artemisia herba-alba* بكثرة في مناطق البادية داخل سوريا، خصوصاً على هضبة حماد وسط الصحراء السورية، حيث يعتبر من الأنواع النباتية الثابتة في هذه البيئة شبه الصحراوية، يعرف الشيح فعلياً ضمن الطب الشعبي في سوريا وينتشر ضمن قائمة النباتات المستخدمة تقليدياً في وسط البلاد (محافظتا حمص وحماه). (Khatib *et* al., 2021a)

التركيب الكيميائي الأساسي:

يعد نبات الشيح من الأعشاب الطبية الغنية بالمركبات الكيميائية الفعالة، حيث يحتوي على:

- مجموعة من اللاكتونات السيسكويتربينية، أبرزها الأبسِنثين
- الزيوت الطيارة التي تضم مركبات مثل الثوجون (β-thujone وَα-thujone) ، الكامفور والكامازولين.
- فلافونويدات مثل الروتين
- أحماض فينولية مثل الكلوروجينيك والكافيليك

- إضافة إلى الكومارينات والستيرولات

مما يفسر خصائصه المضادة للأكسدة والميكروبات. (Al-Sowayan *et* al., 2024)

النشاط المضاد للميكروبات:

أظهرت الزيوت الطيارة والمستخلصات المستخلصة من نبات الشيح (*Artemisia spp.*) نشاطاً ملحوظاً ضد مجموعة واسعة من الكائنات الدقيقة الممرضة المنقولة بالغذاء. فقد سجلت عدة دراسات تأثيراً مثبطاً واضحاً أن مستخلصات ضد البكتيريا موجبة الغرام مثل *Staphylococcus aureus* والبكتيريا سالبة الغرام مثل *Esherichia coli.*، إضافة لبعض الأنواع الفطريات الممرضة مثل *Candida albicans*، وتعزى هذه الفعالية الحيوية إلى احتواء المستخلصات على مركبات فعالة كالتربينات والفينولات، والتي تمتلك القدرة على اختراق الغشاء الخلوي للكائنات الدقيقة وإحداث خلل في نفاذيته وتوازن الأيونات الداخلية. وقد أوضحت النتائج أن شدة النشاط تختلف باختلاف نوع المستخلص(مائي أو زيتي أو كحولي)، وكذلك باختلاف الظروف التجريبية ونوع السلالة الميكروبية المدروسة، مايفسر التباين الملحوظ بين النتائج التجريبية في الدراسات المختلفة. (Al-Sowayan *et* al., 2024; Liu *et* al.,2023)

طرق الاستخلاص:

تتعدد طرق استخلاص مركبات *Artemisia spp.* وفقاً للهدف من الدراسة ونوع المركبات المستهدفة. فبالإضافة إلى الطرق التقليدية مثل النقع أو الغليان في الماء، استخدمت تقنيات حديثة مثل الاستخلاص بمساعدة الموجات الدقيقة (Microwave-Assisted Extraction, MAC) التي أثبتت كفاءتها في زيادة مردود المركبات الفينولية وتحسين النشاط البيولوجي للمستخلصات (Hussain, 2025). كما أظهرت نتائج استخدام الاستخلاص بثاني أكسيد الكربون فوق الحرج

(Supercritical CO_2 extraction, SC–CO_2) عند ضغوط تصل إلى 200 بار ودرجات حرارة مرتفعة (200°C) فعالية في عزل الزيوت الطيارة من *Artemisia vulgaris* مع المحافظة على ثبات المركبات الحساسة للحرارة. كذلك برهنت تقنية الاستخلاص بالسوائل المضغوطة (Pressurized Liquid Extraction, PLA) على قدرتها في الحصول على تركيزات أعلى من المركبات الفعالة مقارنةً بالطرق التقليدية. أما المستخلصات الميثانولية لمستخلص الشيح (Methanolic extract of *Artemisia absinthium,* MEAA) فقد أظهرت فعالية كبيرة ضد عدد من الكائنات الممرضة للغذاء، مما يؤكد أن نوع المذيب وتقنية الاستخلاص يؤثران بشكل مباشر في التركيب الكيميائي والنشاط الحيوي للمستخلصات (Villanueva-Bermejo *et* al., 2025).

السلامة والسمية:

تعد مستخلصات نبات *Artemisia spp.* آمنة نسبياً عند استخدامها ضمن التراكيز الموصى بها في التطبيقات الغذائية والطبية، ولم تُسجل معظم الدراسات حدوث سمية حادة أو تأثيرات جانبية خطيرة عند الجرعات المعتدلة. إلا أن بعض الأبحاث أشارت إلى ضرورة الحذر عند الاستخدام لفترات طويلة أو بجرعات مرتفعة، بسبب احتواء بعض الأنواع على مركبات مثل الثوجون (Thujone) التي قد تسبب تأثيرات عصبية عند تراكمها في الجسم (Al-Sowayan *et* al., 2024). كما أكدت الدراسات الحديثة أهمية إجراء تقييمات سمية مزمنة وموسعة قبل إدخال المستخلصات في أنظمة التغليف الغذائي النشط، لضمان توافقها مع معايير السلامة الدولية الخاصة بمواد ملامسة الأغذية (Liu *et* al., 2023).

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

في السنوات الأخيرة، برز استخدام مستخلصات الشيح في تصنيع أفلام تغليف غذائي نشط. في دراسة لمحاكاة سيناريو الرسائل الكيميائية، طوّر Moalla وآخرون (Moalla *et* al., 2021) فيلماً قائماً على مركب كيتوزان محملاً بمضادات أكسدة من *Artemisia campestris*، والذي أظهر تحسيناً واضحاً في الخصائص الميكانيكية والحاجزية بالإضافة إلى نشاطات مضادة للأكسدة والميكروبات مما يجعله خياراً واعداً للتطبيقات الصناعية في حفظ اللأغذية. وقد أيدت دراسة أخرى (Chen *et* al., 2023) نتائج مماثلة، حيث تم دراسة الخصائص الفيزيائية والميكروبيولوجية، وأظهرت تحسيناً في مقاومة الأكسدة ونشاطاً مضاداً للبكتيريا والفطريات بالنسبة للعنب، ما يؤكد فعاليتها في إطالة فترة حفظ الثمار.

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات الشيح في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات نبات الشيح كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط، مع بيان نوع الغذاء، آلية التأثير، التركيز المطبق، وظروف التخزين.

المنتج الغذائي	نوع الشيح المستخدم	الجرعة/التركيز المطبق	طريقة التطبيق وظروف التخزين	الآلية الحيوية الرئيسة	المرجع
صدور دجاج طازجة	زيت عطري من Artemisia fragans مدموج في طلاء كيتوزان	500,1000,1500ppm 1% في محلول كيتوزان	طلاء سطحي، تخزين عند 4°C حتى 12يوم	مضاد أكسدة (خفض TBARS) ومضاد ميكروبات (انخفاض TVC)	(Yaghoubi *et* al., 2021)
طماطم كرزية	زيت Artemisia annua محمّل في نانوليبوزومات	$\approx 5 mg.mL^{-1}$ داخل النانوليبوزوم	فيلم صالح للأكل على	تعطيل غشاء الخلايا الميكروبية	(Cui *et* al., 2017)

	داخل أغشية كيتوزان/آغار		الثمار، تخزين تبريدي	وزيادة استقرار الزيت	
مانجو (بعد الحصاد)	زيت Artemisia داخل فيلم تغليف (SPI–Gelatin)	1–2% v/v زيت عطري مدموج بالفيلم	تغليف بالفيلم النشط، تخزين بعد الحصاد	تثبيط الفطريات وتأخير الأكسدة	(Meng *et* al., 2023)
فلفل طازج	زيت Artemisia scoparia	$0.5–2.0 mg.mL^{-1}$ (MIC/MBC محددة مخبرياً)	رش/معاملة بعد الحصاد، تخزين بيئي مبرد	إعاقة نمو الفطر والبكتيريا بتعطيل الجدار الخلوي	(Ling *et* al., 2021)
شرائح سردين (معبأة بالتفريغ)	مستخلص إيثانولي من Artemisia campestris	1%w/v مستخلص على السطح قبل التغليف	معاملة سطحية+تغليف فراغي، تخزين عند 1±3°C	تقليل الأكسدة (TBARS) والنمو الميكروبي	(Houicher *et* al., 2013)
عنب مائدة	زيت Artemisia nilagirica (تبخير)	$200–300 \mu L.Kg^{-1}$ (تبخير داخل العبوة)	تبخير داخل العبوات المحكمة	تثبيط الفطريات وتقليل إنتاج الميكوتوكسينات (AFB1,OTA)	(Sonker *et* al., 2015)

ثالثاً:النعناع البري (*Mentha spp.*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

الاسم الشائع: النعناع البري.

الاسم العلمي: *Mentha spp.*

العائلة النباتية: الشفوية (Lamiaceae)

ينتمي النعناع البري إلى جنس *Mentha* ضمن الفصيلة الشفوية (Lamiaceae)، وهي من أهم الفصائل التي تضم العديد من النباتات العطرية والطبية ذات القيمة الاقتصادية والغذائية العالية.

الانتشار الجغرافي:

ينتشر (*Mentha spp.*) في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الشمالي، حيث يمتد توزيعه الطبيعي من أوروبا وصولاً إلى غرب آسيا، بما في ذلك مناطق الشرق الأوسط. أشارت الدراسات الحديثة إلى وجود مجموعات متفرقة من هذا النبات في سوريا ولبنان، مما يدل على توفره الطبيعي في البيئات الرطبة وشبه الرطبة داخل هذه المناطق. كما أظهرت أبحاث حول الاستخدامات الطبية في سوريا أن النعناع البري يستخدم تقليدياً، مما يعزز من أهميته المحلية وانتشاره في المناطق الجبلية ذات المناخ المعتدل (Khatib *et* al., 2021b).

التركيب الكيميائي الأساسي:

أظهرت الدراسات الحديثة المتعلقة بالتركيب الكيميائي لنبات النعناع البري أنَّ زيته العطري يحتوي على مزيج غني من المركبات الفعّالة بيولوجياً، والتي تساهم بشكل كبير في خصائصه الحافظة. وفقاً لتحليل (GC – MS)المنشور مؤخراً (Abdel-Hameed *et* al., 2024)، حيث بلغت نسبة الزيت الطيار 99.86 %من إجمالي المستخلص، ومن المركبات الأساسية التي يحتويها هذا الزيت :

Pulegone، Piperitone، β-Caryophyllene، Trans-p-menthan-3-one، 1,8-Cineole

تُظهر هذه المركبات نشاطاً واضحاً مضاداً للميكروبات والأكسدة، ما يجعل مستخلصات النعناع البري مرشحاً واعداً كبديل طبيعي للمواد الحافظة الاصطناعية في الصناعات الغذائية.

النشاط المضاد للميكروبات:

يظهر نبات النعناع البري نشاطاً واضحاً مضاداً للميكروبات، وذلك بفضل محتواه الغني بالمركبات الفعالة مثل الفلافونويدات، التربينات، والقلويدات. في دراسة لتقييم تأثير المستخلص الميتانولي لأوراق النعناع البري (Patel *et* al., 2021) ضد مجموعة من الكائنات الدقيقة بما في ذلك البكتيريا موجبة الغرام وسالبة الغرام إضافة لبعض الفطريات، أظهرت المستخلصات فعالية ملحوظة في تثبيط نمو البكتيريا والفطريات حيث أعلى فعالية كانت ضد *Pseudomonas aeruginosa*، وَ *Aspergillus clavatus*، حيث تراوحت قيم التركيز المثبط الأدنى (MIC) بين (100 – 25 µg/mL) مما يشير إلى قوته المضادة للبكتيريا، بينما أظهرت دراسة أخرى (Li *et* al., 2023) أن زيت النعناع البري يملك قيم (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) أقل (أي أكثر فعالية بتراكيز أقل) حيث تراوحت بين (1.5 mg/mL – 0.394) وذلك بسبب اختلاف التركيب الكيميائي والمواد الفعالة في كل منهما، وبيّنت أن الآلية الرئيسية لفعاليته تتمثل في إحداث تغييرات بنيوية في الغشاء الخلوي للبكتيريا، مما يؤدي إلى زيادة نفاذيته وتسرب مكونات الخلية الحيوية مثل البروتينات والأيونات، وبالتالي تعطيل العمليات الخلوية الأساسية وموت الخلايا البكتيرية.

طرق الاستخلاص:

تشكل طرق استخلاص الزيوت العطرية من نبات النعناع البري محوراً أساسياً في دراسة خواصه الكيميائية والوظيفية، حيث يعدّ التقطير بالبخار من أكثر الطرق التقليدية شيوعاً. إلّا أن هذه الطريقة تتطلب وقتاً طويلاً وتعرِّض المركبات الفعالة لدرجات حرارة مرتفعة قد تؤثر على جودتها. وفي دراسة حديثة (Shoukair *et* al., 2024) طُبقت تقنية المعالجة المسبقة بالموجات فوق الصوتية قبل التقطير، ما أدى إلى تحسين كفاءة الاستخلاص. فقد ساهمت الموجات فوق الصوتية

في تفكيك الجدران الخلوية للنسيج النباتي، مما سمح بتحرير المركبات الطيَّارة بشكل أسرع وأكثر فعّالية. وبيّنت النتائج أن استخدام هذه التقنية قلل زمن الاستخلاص إلى أقل من ساعة مقارنة بأكثر من أربع ساعات عند استخدام التقطير التقليدي، مع الحفاظ على عائد مرتفع وجودة زيت محسّنة.

السلامة والسمية:

بناءً على أحدث الدراسات المنشورة حول سلامة وسمية نبات النعناع البري. تبيّن أن هذا النبات يعد آمناً نسبياً عند استخدامه ضمن الجرعات المدروسة. فقد أظهرت دراسة أن المستخلص المائي لأوراق النعناع البري لا يُظهر سمية حادة أو تحت الحادة عند إعطائه لفئران التجارب بجرعات تصل إلى 4g/Kg عن طريق الفم، حيث لم تسجل أي وفيات أو علامات سريرية للتسمم، كما لم تُلاحظ تغيرات ذات دلالة إحصائية في المؤشرات الدموية أو الكيميائية الحيوية، مما يشير إلى مستوى مرتفع من الأمان البيولوجي (Tourabi *et* al., 2024). ومع ذلك، فإن بعض المكونات الفعّالة في الزيت مثل *pulgone* وَ *menthone*، قد ترتبط بتأثيرات سمية كبدية عند استخدامها بتركيزات مرتفعة، كما ورد في مراجعات علمية سابقة. وعليه، يوصى بالاستخدام الحذر للزيوت العطرية المركزة وتحديد الجرعات الآمنة عند تطبيقه في المنتجات الغذائية.

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

استخدم نبات النعناع البري بنجاح في تطوير أنظمة تغليف غذائي صالحة للأكل، وذلك لما يحتويه من مركبات عطرية فعّالة ذات خصائص مضادة للميكروبات. ففي دراسة حديثة (Shahdadi *et* al., 2023) تم دمج الزيت العطري للنعناع البري والمركب الفعال *pulegone* في طبقات تغليف صالحة للأكل مصنوعة من الألغينات والكيتوزان، وطُبّقت هذه الطلاءات على

مكعبات من الجبن الطري. أظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً في نمو البكتيريا الممرضة مثل *Staphylococcus aureus*، *Listeria monocytogenes*، وَ *Esherichia coli* مقارنةً بالعينات غير المعالجة. كما أشارت التقييمات الحسية إلى أن التركيزات المستخدمة لم تؤثر سلباً على صفات الطعم والرائحة مما يدعم تطبيق هذه المركبات الطبيعية ضمن أنظمة تغليف الأغذية.

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات النعناع البري في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات النعناع البري كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط مع بيان الجرعة المستحدمة وطريقة التطبيق وآلية التأثير.

المنتج الغذائي	الجرعة/التركيزالمس تخدم	طريقة التطبيق	التأثيرات الرئيسة المبلغ عنها	الآلية الحيوية المقترحة	المرجع
شرائح سمك (Bighead carp)	0.5% وَ 1.0% (v/v) ضمن محلول الألغينات	طلاء ألدينات غمر/تغطية شرائح ثم حفظ مبرد	خفض الأكسدة الدهنية، منع نمو الميكروبات، إطالة العمر الحسي	مركبات متطايرة تمنع نمو بكتيري وتعمل كمضادات أكسدة، الطلاء يعمل كحاجز للأكسجين والرطوبة	(Heydari *et* al., 2015)
فراولة طازجة	1.0% (v/v) زيت عطري في طلاء جيلاتين، درست تراكيز أخرى	طلاء جيلاتين بالغمر/تغطية الثمار	تثبيط النمو الفطري/البكتيري، تأخير فقد الماء وفقدان القساوة	نشاط مضاد للفطريات والبكتيريا + حاجز فيزيائي يقلل تبادل غازات ورطوبة	(Aitboulahsen *et* al., 2018)
شرائح دجاج طازجةChicken fillet)	2% MEO + جيلاتين 4%	طلاء جيلاتين يحتوي على	خفض النمو الميكروبي، تقليل مؤشرات	نشاط مضاد للميكروبات والأكسدة بالإضافة إلى تأثير الحاجز للطلاء،	(Farhadvand *et*

	(w/w) أو (v/v) كما ورد في الدراسة	زيت النعناع + حفظ بتغليف غازي معدل MAP	الأكسدة، تحسين التقبل الحسي تحت MAP	MAP يقلل الأكسجين وبالتالي يتكامل مع تأثير EO	al., 2024)
خبز (معبأ)	1– 4% w/w في فيلم التغليف، درست تراكيز فعّالة عملياً 1 – 4%, 1 – 6%	تغليف نشط للخبز باستخدام فيلم بيوبلاستيك محشوّ ب PEO/أو تعبئة مع خطوة فيومايج بخليط بخاري من PEO	إطالة صلاحية الخبز (تأخير نمو العفن)، خفض الحمولة الميكروبية، تحسين الاستقرار الأكسدي	تحرير متحكّم للزيت العطري ←تأثير مضاد للفطريات/الميكروبات ومضاد للأكسدة، الطور البخاري يعمل كمثبط عفن سطحي	(Khoda nazary, 2025)

رابعاً:الآليات الحيوية والتطبيقات في حفظ الأغذية

تشير الآليات الحيوية في حفظ الأغذية إلى مجموعة من الخصائص الوظيفية للمركبات الطبيعية التي تسهم بفاعلية في إبطاء أو منع التفاعلات المسؤولة عن فساد الأغذية وتدهور جودتها. وتتمثل أبرز هذه الآليات في ثلاث خصائص رئيسية: أولاً، الخاصية المضادة للأكسدة، والتي تعمل على كبح تفاعلات الأكسدة، لاسيما تلك المرتبطة بفساد الدهون وفقدان القيمة الحسية والتغذوية. ثانياً، الخاصية المضادة للميكروبات، حيث تؤدي بعض المركبات الحيوية دوراً مثبطاً لنمو الكائنات الدقيقة الممرضة أو المسببة للتلف، مما يسهم في تعزيز سلامة المنتج الغذائي. ثالثاً، تثبيط الأنزيمات المؤكسدة، كإنزيم البولي فينول أوكسيداز، المسؤول عن التفاعلات البُنيّة

غير المرغوبة في الفواكه والخضروات (Dembińska et al., 2025). إن توظيف هذه الآليات يعد توجّهاً واعداً في تقنيات حفظ الأغذية، لما توفره من بدائل طبيعية وآمنة تقلل من الاعتماد على المواد الحافظة الكيميائية، وتتماشى مع متطلبات الاستهلاك المعاصر نحو المنتجات النظيفة وعالية الجودة.

خامساً:إمكانية التكامل مع أنظمة التغليف النشط والذكي

في سياق الدمج مع أنظمة التغليف النشط والذكي، يمكن اختصار الإطار العام بأنَّ التغليف النشط يهدف إلى التفاعل مع محتوى المنتج أو محيطه لإطالة صلاحية الغذاء أو تحسين جودته، بينما يضيف التغليف الذكي وظائف استشعارية ومعلوماتية (مثل مؤشرات التلف أو مقيّسات الغاز) إلى العبوة التقليدية، ما يتيح مراقبة حالة المنتج في الزمن الحقيقي وإدارة سلاسل التبريد بذكاء (Jacinto-Valderrama *et* al., 2023). نظراً لخصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات، تمثل المكونات المشتقة من النباتات مثل مستخلص القريص، والشيح، والنعناع البري مرشحات واعدة كمكوّنات نشطة داخل أغلفة الطعام سواء كمادة مثبطة لنمو الميكروبات أو كمواد استشعارية تتغير خصائصها مع فساد المنتج (Aguiar Campolina *et* al., 2023; Shahdadi *et* al., 2023)

من الناحية التطبيقية، تم دمج هذه المستخلصات داخل مصفوفات بوليميرية قابلة للتحلل (مثلاً بوليميرات طبيعية كالجيلاتين أوبوليميرات حيوية مثل PLA) عبر تقنيات الغزل، الطلاء السطحي، أوالحقن المجهري، بحيث توفر إطلاقاً مترشِّحاً ومحكوماً للمركبات الفعالة لتقليل معدل التدهور الميكروبي وتأخير التأكسد (Li *et* al., 2024; Westlake *et* al., 2022). علاوةً على ذلك، أظهرت دراسات حديثة أن تحويل المستخلصات النباتية إلى نظم نانوية (نانوإميولشن، نانوكبسولات، أو تذرية مع حاملات قطاعية) لا يحسن فقط استقرار المركبات الفعالة ويسمح بتحكم أفضل في

آليات الإطلاق، بل يعزز أيضاً النشاط المضاد للميكروبات خاصة ضد سلالات مقاومة، كما سجّل ذلك العمل المتعلق بتطويع تقنيات النانو لمستخلصات القريص والشيح (Rahmani *et* al., 2024).وتشير الأدلة المحلية أيضاً إلى أن الزيوت العطرية تمتلك قدرة تطبيقية واعدة؛ فقد أثبت الوزير وآخرون أن زيت النعناع قادر على خفض الحمل الميكروبي في اللبن، مما يؤكد إمكانية دمج هذه الزيوت ضمن أنظمة تغليف نشط ذات فعالية ميكروبية مثبتة (AL-Fihan *et* al., 2010).

أخيراً، تفتح هذه المقاربات آفاقاً لتطبيقات مستقبلية تدمج خواص الاستشعار الذكي مع القدرات النشطة: على سبيل المثال، أغلفة بوليميرية مركبة تحوي جزيئات نانوية حاملة لمستخلص نباتي ومركبات مؤشر تتغير لونياً أو كيميائياً عند ارتفاع الحمل الميكروبي أو حدوث أكسدة، مما يجعل التغليف ليس فقط للقراءة بصرياً أو إلكترونياً. إنَّ الجمع بين قابلية التحلل البيئي للمصفوفة البوليميرية، النشاط الحيوي للمستخلصات النباتية، وتقنيات النانو يقدم حلاً متكاملاً متوافقاً مع متطلبات الأسواق الحديثة واللوائح البيئية، ويستدعي مزيداً من دراسات التوافق الحسي، سمية الهياكل النانوية المتكاملة، وديناميكيات الإفراج ضمن ظروف تخزين حقيقية قبل التطبيقات الصناعية الواسعة.

سادساً:تصميم مقترح لنظام تغليف نشط وذكي قابل للتطبيق محلياً

نقترح نظام تغليف شبه مرن (flexible sachet) بحجم صغير (حوالي 15×30mm، سماكة 0.3–0.5mm) يوضع داخل عبوات الأغذية، لتوفير حماية نشطة من التدهور الميكروبي والفطري والتأكسدي باستخدام مستخلصات القريص (*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemesia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*).

تختلف هذه الفكرة عن معظم الأنظمة التقليدية التي تُدرج المركبات الفعالة مباشرةً في طبقة التغليف نفسها أو كطلاءات على السطح، إذ يعتمد النظام المقترح على وحدة مستقلة يمكن إدراجها داخل العبوة، مما يسهل التحكم في الجرعة، وتغييرها حسب نوع المنتج الغذائي، وتقليل التأثيرات الحسية غير المرغوبة على المنتج النهائي.

1-هيكل الشريحة ودمج المستخلصات:

- الطبقة الأساسية للشريحة: مصنوعة من ورق طعام غذائي أو بوليميرات بسيطة مسامية متوفرة محلياً، تسمح بمرور المتطايرات دون تسرب السوائل أو الزيوت.
- مستخلص القريص: مدمج في كبسولات بسيطة تحتوي على حبيبات كروية من الكيتوزان أو الألجينات توفر إطلاقاً مستمراً كمضاد أكسدة ومضاد للميكروبات.
- زيت الشيح: مدمج في ألياف أو شبكة بوليميرية قابلة للترطيب (gelatin أو نشاء معدل)، لتوفير تأثير مضاد للفطريات تدريجياً.
- زيت النعناع: محفوظ في micro-reservoirs مبسطة (مثل أكياس صغيرة داخل الشريحة أو كبسولات ذائبة بالحرارة أو الرطوبة)، بحيث تُطلق دفعة إضافية عند بداية تدهور الغذاء، استجابةً لزيادة الرطوبة أو انبعاث أمينات التفسخ.

2-مبدأ العمل الذكي

- إطلاق متواصل: القريص والشيح يوفران حماية أساسية طوال فترة التخزين.
- إطلاق متجاوب: عند ارتفاع مؤشرات فساد معينة (pH، أمينات، أو رطوبة عالية)، تتحلل الطبقة المغلّفة للنعناع لتطلق دفعة مركزة من الزيت العطري.

- مراقبة بسيطة:يمكن دمج مؤشر بصري (colorimetric strip) للكشف عن بداية الفساد، قابل للقراءة بالعين، لتوفير تنبيه للمستهلك أو المصنع دون الحاجة لأجهزة إلكترونية معقدة.

3-النماذج الرياضية للتحليل (قابلة للتطبيق)

- إطلاق المركبات: يمكن تبسيطه عبر نموذج Higuchi للانتشار من المصفوفة المسامية حيث تم تطبيق هذا النموذج في دراسات تغليف غذائي نشط في دراسة على أفلام biocomposite مبنية على نشاء نخيل وكيتوزان محملة بمركبات نشطة مثل الكركمين أو الأنثوسيانين حيث أظهرت بيانات إطلاق الكركمين امتثالها لنموذج Higuchi مع معامل ارتباط عالٍ (Rachmina *et* al., 2024):

$$M_t = A.C_0\sqrt{\frac{2Dt}{\pi}}$$

حيث M_t كمية المركب المفرج عنها، A مساحة الشريحة، C_0 تركيز أولي، D معامل الانتشار داخل المصفوفة

- الانتشار في الفراغ الرأسي للعبوة:

$$\frac{\mathrm{dC_v}}{\mathrm{dt}} = \frac{J(t)A}{\mathrm{V}} - \mathrm{K_{loss}C_v} - \mathrm{K_{ads}}C_{\mathrm{v}}$$

حيث C_{v} تركيز المركب في الهواء حول الطعام، $J(t)$ معدل التدفق من الشريحة، V حجم العبوة.

- تأثير المركبات على الميكروبات:

$$\frac{\mathrm{dN}}{\mathrm{dt}} = \mu_{\max} N(1 - \frac{N}{N_{max}}) - k_{inh} \frac{C_s}{K_d + C_s}$$

حيث C_s التركيز عند سطح الغذاء، k_{inh}, K_d ثابتان تثبيط الميكروبات

4-خطوات تصنيع وتطبيق محلية قابلة للتنفيذ:

1.تحضير الشريحة: استخدام ورق غذائي أو بوليمير بسيط قابل للترطيب، ويتم تقطيعها إلى الشرائح المقترحة.

2.دمج المستخلصات:

- القريص:كبسولات بسيطة بال alginate/chitosan.
- الشيح: طبقة ناعمة من نشا معدّل أو هلام جيلاتيني يحتوي على الزيت
- النعناع: micro-reservoirs مصنوعة من بوليمير قابل للذوبان بالرطوبة/الحرارة

3.تجميع الشريحة: وضع المستخلصات داخل طبقة الغلاف، ختمها حرارياً أو بالضغط لتجنب التسرب.

4.اختبار release في headspace نموذجية: قياس الرطوبة وال VOC (يمكن أجهزة بسيطة أو colorimetric strips) للتحقق من الإطلاق المستمر والمتجاوب.

5.تطبيق على منتجات غذائية: شريحة واحدة أو أكثر داخل عبوة، متابعة الصفات الحسية، TVB-N/TBARS، وعدد الجراثيم على مدى فترة التخزين.

سابعاً:توصيات وآفاق بحثية مستقبلية

1-إنشاء قواعد بيانات رقمية شاملة للمستخلصات النباتية المحلية من حيث التركيب، الفعالية، وسلوكها ضمن مصفوفات غذائية مختلفة، مما يسهم في تطوير حلول مصممة حسب الغذاء والبيئة التخزينية.

2-دمج الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تصميم وتقييم نظم التغليف النشط، يهدف التنبؤ بكفاءة النظام في تثبيط نمو الميكروبات وتحسين صلاحية الغذاء.

3-تطوير نظم تغليف نشط حيوية قابلة للتحلل بالكامل ومدمجة بمستخلصات طبيعية، بهدف الوصول إلى تكنولوجيا تغليف مستدامة بيئياً متوافقة مع مبادئ الاقتصاد الدائري.

ختاماً، تعد هذه الآفاق البحثية خارطة طريق لتسريع الانتقال من الدراسات المخبرية إلى تطبيقات صناعية آمنة وفعّالة ومستدامة، مما يعزز دور المستخلصات النباتية كبدائل طبيعية للمضافات الكيميائية في قطاع صناعة الأغذية.

المراجع:

1-Abdel-Hameed, U. K., Abualghaith, A. S., Aly, S. H., Soliman, M. M., Munshi, L. A., Mohammed, S. A., and Abdelghffar, E. A. (2024). GC/MS analysis and protective effects of Mentha longifolia L. essential oil against Antituberculosis drug-induced organs toxicity in Wistar albino rats. *Plants*, *13*(22), 3231.

2- Aguiar Campolina, G., das Graças Cardoso, M., Rodrigues-Silva-Caetano, A., Lee Nelson, D., and Mendes Ramos, E. (2023). Essential oil and plant extracts as preservatives and natural antioxidants applied to meat and meat products: a review. *Food Technology and Biotechnology*, *61*(2), 212-225.

3-Ahmadi, M., Razavilar, V., Motallebi, A. A., Esmailzadeh Kenari, R., and Khanipour, A. A. (2014). Effects of hydroalcoholic and water extracts of nettle leaf (Urtica dioica L.) on chemical properties of superchilled minced meat of common kilka (Clupeonella cultriventris caspia). *Journal of food quality and hazards control*, *1*(3), 85-88.

4-Aitboulahsen, M., Zantar, S., Laglaoui, A., Chairi, H., Arakrak, A., Bakkali, M., and Hassani Zerrouk, M. (2018). Gelatin-based edible coating combined with Mentha pulegium essential oil as bioactive packaging for strawberries. *Journal of food quality*, *2018*(1), 8408915.

5-Aksu, M. I., Alinezhad, H., and Erdemir, E. (2015). Effect of lyophilized water extract of Urtica dioica L. on the shelf life of vacuum-packaged beef steaks. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 3059-3066.

6-AL-Fihan, I., Massri, M., and Al-Wazeer, D. (2010). Effect of peppermint oil on the count of microorganisms and starter bacteria of yoghurt. Al-Baath University Journal, 23(34), 291-304.

7-. Al-Sowayan, N. S., Al-Harbi, F., and Alrobaish, S. A. (2024). Artemisia: A Comprehensive Review of Phytochemistry, Medicinal Properties, and Biological Activities. *Journal of Biosciences and Medicines*, *12*(11), 524-537.

8-Chen, W., Liu, H., Chai, Y., Guo, C., Luo, C., Chen, D., and Huang, C. (2023). Chitosan–pullulan films enriched with Artemisia annua essential oil: Characterization and application in grape preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, *243*, 125216.

9-Cui, H., Yuan, L., Li, W., and Lin, L. (2017). Edible film incorporated with chitosan and Artemisia annua oil nanoliposomes for inactivation of Escherichia coli O157: H7 on cherry tomato. *International Journal of Food Science and Technology*, *52*(3), 687-698.

10- Dembińska, K., Shinde, A. H., Pejchalová, M., Richert, A., and Swiontek Brzezinska, M. (2025). The Application of Natural Phenolic Substances as Antimicrobial Agents in Agriculture and Food Industry. *Foods*, *14*(11), 1893.

11-Đurović, S., Kojić, I., Radić, D., Smyatskaya, Y. A., Bazarnova, J. G., Filip, S., & Tosti, T. (2024). Chemical constituents of stinging nettle (Urtica dioica L.): A comprehensive review on phenolic and polyphenolic compounds and their bioactivity. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(6), 3430.

12-Erbay, E. A., Dağtekin, B. B. G., Türe, M., Yeşilsu, A. F., and Torres-Giner, S. (2017). Quality improvement of rainbow trout fillets by whey protein isolate coatings containing electrospun poly (ε-caprolactone) nanofibers with Urtica dioica L. extract during storage. *Lwt*, *78*, 340-351.

13-Faisal, S., Tariq, M. H., Ullah, R., Zafar, S., Rizwan, M., Bibi, N. and Abdullah. (2023). Exploring the antibacterial, antidiabetic, and anticancer potential of Mentha arvensis extract through in-silico and in-vitro analysis. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, *23*(1), 267.

14-Farhadvand, Z., Fazlara, A., Ghaderi Ghahfarokhi, M., Pourmahdibrojeni, M., and Kiani Ghaleh Sard, S. (2024). The effects of gelatin and Mentha spicata essential oil coating on the shelf-life of chicken fillet using modified atmosphere packaging. *Food Processing and Preservation Journal*, *16*(4), 43-62.

15-Flórez, M., Cazón, P., and Vázquez, M. (2023a). Characterization of active films of chitosan containing nettle Urtica dioica L. extract: spectral and water properties, microstructure, and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, *253*, 127318.

16-Flórez, M., Vázquez, M., and Cazón, P. (2023b). Enhancing the quality of Havarti cheese: Chitosan films with nettle Urtica dioica L. extract as slice separators to retard lipid oxidation. *LWT*, *189*, 115504.

17-Hassan, S. (2023). Effect of bioactive compounds of sting nettle (Urtica Diocia L.) leaves on shelf life of the salty biscuits. *Food Technology Research Journal*, *2*(3), 73-85.

18-Heydari, R., Bavandi, S., and Javadian, S. R. (2015). Effect of sodium alginate coating enriched with horsemint (M entha longifolia) essential oil on the quality of bighead carp fillets during storage at 4 C. *Food science & nutrition*, *3*(3), 188-194.

19-Houicher, A., Kuley, E., Bendeddouche, B., and Özogul, F. (2013). Effect of Mentha spicata L. and Artemisia campestris extracts on the shelf life and quality of vacuum-packed refrigerated sardine (Sardina pilchardus) fillets. *Journal of food protection*, *76*(10), 1719-1725.

20-Hussain, A. (2025). Extraction methods, structural diversity and potential biological activities of Artemisia L. polysaccharides (APs): A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142802.

21-Jacinto-Valderrama, R. A., Andrade, C. T., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., and Conte-Junior, C. A. (2023). Recent trends in active packaging using nanotechnology to inhibit oxidation and microbiological growth in muscle foods. *Foods*, *12*(19), 3662.

22- Khatib, C., Nattouf, A., and Hasan Agha, M. I. (2021a). Traditional medicines and their common uses in central region of Syria: Hama and Homs–an ethnomedicinal survey. *Pharmaceutical Biology*, *59*(1), 776-786.

23- Khatib, C., Nattouf, A., and Agha, M. I. H. (2021b). Ethnobotanical survey of medicinal herbs in the Western region in Syria (Latakia and Tartus).

24- Khodanazary, A. (2025). Effects of Carboxymethyl Chitosan/Pectin Coating Containing Free and Nanoliposome Mentha piperita Essential Oil on the Shelf Life of Shrimp During Ice Storage. *Food Science & Nutrition*, *13*(4), e70184.

25- Li, J., Sun, H., and Weng, Y. (2024). Natural Extracts and Their Applications in Polymer-Based Active Packaging: A Review. *Polymers*, *16*(5), 625.

26- Li, S., Cheng, F., Cao, X., Mahinur, B., and Maiwulanjiang, M. (2023). Evaluation of antimicrobial activity and mechanism of Mentha longifolia L. essential oil. *Journal of Food Safety*, *43*(5), e13058.

27-Ling, L., Feng, S., Tu, Y., Yang, C., Jiang, K., Ma, W., and Chen, X. (2021). Preservation activity of Artemisia essential oils and a monomer in treating pepper bacterium and fungus diseases. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(6), e15501.

28-Liu, Z., Li, X., Jin, Y., Nan, T., Zhao, Y., Huang, L., and Yuan, Y. (2023). New evidence for Artemisia absinthium as an alternative to classical antibiotics: Chemical analysis of phenolic compounds, screening for antimicrobial activity. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(15), 12044.

29-Meng, X., Lv, Z., Jiang, T., Tan, Y., Sun, S., and Feng, J. (2023). Preparation and characterization of a novel Artemisia oil packaging film and its application in mango preservation. *Foods*, *12*(15), 2969.

30- Meryem, B., Meriem, M., Sarah, B., and Ali, R. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities, and HPLC-PDA-ESI-MS profile of phenolic extract of Urtica dioica L. *South Asian Journal of Experimental Biology*, *10*(6).

31- Moalla, S., Ammar, I., Fauconnier, M. L., Danthine, S., Blecker, C., Besbes, S., and Attia, H. (2021). Development and characterization of chitosan films carrying Artemisia campestris antioxidants for potential use as active food packaging materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, *183*, 254-266.

32- Mohammadian, M., Biregani, Z. M., Hassanloofard, Z., and Salami, M. (2024). Nettle (Urtica dioica L.) as a functional bioactive food ingredient: Applications in food products and edible films, characterization, and encapsulation systems. *Trends in Food Science & Technology*, 104421.

33-Opačić, N., Radman, S., Dujmović, M., Fabek Uher, S., Benko, B., Toth, N., and Šic Žlabur, J. (2024). Boosting nutritional quality of Urtica dioica L. to resist climate change. *Frontiers in plant science*, *15*, 1331327.

34- Parente, R., Paiva-Santos, A. C., Cabral, C., and Costa, G. (2024). Comprehensive review of Urtica dioica L.(Urticaceae)

phytochemistry and anti-inflammatory properties. *Phytochemistry Reviews*, 1- 38.

35-Patel, D., Upadhye, V., Upadhyay, T. K., Rami, E., and Panchal, R. (2021). Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Mentha Arvensis L.[Pudina]: A Medicinal Plant. *Canadian Journal of Medicine*, *2*, 67-76.

36- Periyasamy, T., Asrafali, S. P., and Lee, J. (2025). Recent advances in functional biopolymer films with antimicrobial and antioxidant properties for enhanced food packaging. *Polymers*, *17*(9), 1257.

37-Rachmina, R., Hasan, M., Hasanah, U., and Halim, A. (2024). Sugar palm starch/chitosan bionanocomposite films incorporated with anthocyanin and curcumin–thermal properties and release kinetics. *Journal of Ecological Engineering*, *25*(2).

38- Rahmani, Z., Karimi, M., Saffari, I., Mirzaei, H., Nejati, M., and Sharafati Chaleshtori, R. (2024). Nanoemulsion and nanoencapsulation of a hydroethanolic extract of Nettle (Urtica dioica) and Wormwood (Artemisia absinthium): comparison of antibacterial and anticancer activity. *Frontiers in Chemistry*, *12*, 1266573.

39- Sharifi-Rad, J., Herrera-Bravo, J., Semwal, P., Painuli, S., Badoni, H., Ezzat, S. M. and Cho, W. C. (2022). Artemisia spp.: an update on its chemical composition, pharmacological and toxicological profiles. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2022*(1), 5628601.

40- Shahdadi, F., Faryabi, M., Khan, H., Sardoei, A. S., Fazeli-Nasab, B., Goh, B. H., and Tan, C. S. (2023). Mentha longifolia essential oil and pulegone in edible coatings of alginate and chitosan: effects on pathogenic bacteria in lactic cheese. *Molecules*, *28*(11), 4554.

41- Shoukair, A. S., Morsi, M. K., Morsy, N. F., and Hammad, K. S. (2024). Enhanced extraction of wild mint (Mentha longifolia L.) leaf essential oil by ultrasound pre-treatment prior to hydrodistillation. *Egyptian Journal of Chemistry*, *67*(5), 127-139.

42-Sonker, N., Pandey, A. K., and Singh, P. (2015). Efficiency of Artemisia nilagirica (Clarke) Pamp. essential oil as a mycotoxicant against postharvest mycobiota of table grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(9), 1932-1939.

43- Taheri, Y., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Sharifi-Rad, J., Ezzat, S. M., Merghany, R. M. and Cho, W. C. (2022). Urtica dioica-derived phytochemicals for pharmacological and therapeutic applications.

Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, *2022*(1), 4024331.

44- Tourabi, M., Ghouizi, A. E., Nouioura, G., Faiz, K., Elfatemi, H., El-Yagoubi, K., and Derwich, E. (2024). Phenolic profile, acute and subacute oral toxicity of the aqueous extract from Moroccan Mentha longifolia L. aerial part in Swiss Albino mice model. *Journal of Ethnopharmacology*, *319*, 117293.

45- Villanueva-Bermejo, D., Hernández, D. M., Hernández, E. J., Santoyo, S., and Fornari, T. (2025). Assessment of green extraction techniques in the utilization of Oak tree (Quercus robur) and Mugwort (Artemisia vulgaris) biomass for the production of bioactive extracts. *Separations*, *12*(1), 17.

46- Weigend, M. (2006). Urtica dioica subsp. cypria, with a re-evaluation of the U. dioica group (Urticaceae) in western Asia. *Willdenowia*, *36*(2), 811-822.

47- Westlake, J. R., Tran, M. W., Jiang, Y., Zhang, X., Burrows, A. D., and Xie, M. (2022). Biodegradable active packaging with controlled release: principles, progress, and prospects. *ACS Food Science & Technology*, *2*(8), 1166-1183.

48-Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M., and Lorenzo, J. M. (2021). Effect of chitosan coating incorporated with Artemisia fragrans essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. *Polymers*, *13*(5), 716.

دراسة الشروط المثلى لعملية استخلاص الصبغة البيتالين من الشوندر الأحمر

طالبة الدرسات العليا: م. علا دياب
بإشراف: د. عبد العزيز عبارة +د. نسرين البيطار

الملخص:

في إطار البحث عن حلول مستدامة للتغلُّب على الطابع الموسمي للشوندر الأحمر، تم تحضير صبغة من الشوندر الأحمر غنية بالبيتالين والمركبات الفينولية ومضادات الأكسدة الطبيعية بواسطة الاستخلاص المائي لصبغة الشوندر الأحمر بمساعدة الأمواج فوق الصوتية من شرائح الشوندر الأحمر المطحونة والمجففة عند بداية التخزين وبعد ستة أشهر من التخزين. استخدم تصميم تجربة عاملية كاملة بمستويين لدراسة تأثير كل من درجة الحرارة 20-31-60°م الزمن 2-40-60 دقيقة والتركيز 2غ/100 مل و10غ/100مل و 6غ/100مل في. أظهرت النتائج أن الظروف المثلى للاستخلاص تحققت عند درجة حرارة60°م لمدة 60 دقيقة وبتركيز 10غ/100مل، حيث وصل تركيز كلا من البيتالين والفينولات ومضادات الأكسدة (DPPH)، 78.25غ/100مل، و183ملغ من حمض الغاليك /ل و95% على التوالي. وأظهرت نتائج الدراسة أيضا أنه يمكن الحصول على صبغة غنية بالمركبات الحيوية الفعالة من عينات الشوندر الأحمر المجففة والمخزنة لمدة ستة أشهر عند درجة حرارة 5 °م وبنفس شروط الاستخلاص في بداية التخزين إذ بلغ محتوى الصبغة من البيتالين 73.25غ/100مل، والفينولات الكلية 180ملغ من حمض الغاليك /ل ومضادات الأكسدة 95%

الكلمات المفتاحية: الشوندر الأحمر، البيتالين، DPPH، الفينولات الكلية

Abstract:

In the context of searching for sustainable solutions to overcome the seasonal nature of red beet, a dye rich in betalains, phenolic compounds, and natural antioxidants was prepared from red beet using aqueous extraction assisted by ultrasound waves. The extraction was performed on ground and dried red beet slices at the beginning of storage and after six months of storage. A full factorial experimental design with two levels was used to study the effect of temperature (20, 31, 60°C), time (2, 40, 60 minutes), and concentration (2g/100ml, 10g/100ml, and 6g/100ml) on the extraction process.The results showed that the optimal extraction conditions were achieved at a temperature of 60°C for 60 minutes with a concentration of 10g/100ml. Under these conditions, the concentrations of betalains, phenolics, and antioxidants (DPPH) reached 78.25g/100ml, 183 mg gallic acid/L, and 95%, respectively.The study results also showed that a dye rich in bioactive compounds can be obtained from dried red beet samples stored for six months at 5°C using the same extraction conditions as at the beginning of storage. The dye content reached 73.25g/100ml for betalains, 180 mg gallic acid/L for total phenolics, and 95% for antioxidants.

Keywords: Red beet, Betalains, DPPH, Total phenolics.

المقدمة:

يُعدُّ الشوندر الأحمر (*Beta vulgaris L*) أحد أكثر المحاصيل الجذرية انتشارًا، وينتمي إلى الفصيلة الرمرامية (*Chenopodiaceae*). يتميز هذا النبات باحتوائه على تركيزات عالية من المركبات الفينولية، مما يمنحه خصائص مضادة للأكسدة تجعله مصدرا واعدا للمواد الملونة الطبيعية[1] .

يتطلب استخدام الملونات الصناعية في المنتجات الغذائية اتخاذ إجراءات وقائية صارمة نظرًا للمخاطر الصحية الموثقة المرتبطة بها. تُظهر الدراسات أن هذه المواد قد تسهم في زيادة خطر الإصابة بأمراض مزمنة، وذلك بسبب تأثيرها السلبي في وظائف الكبد والكلى ولذلك فرضت هيئات تنظيمية عديدة قيوداً تشريعية على استخدام الملونات الصناعية في الصناعات الغذائية. وقد أدى ذلك إلى توجه متزايد من قبل مصنعي الأغذية والباحثين نحو اعتماد بدائل طبيعية. ومن أبرز هذه البدائل: الكاروتينات، والكلوروفيل، والأنثوسيانين ، والبيتاسيانينات، والبيتاكسانثينات، والتي تُستخدم على نطاق واسع كملونات غذائية طبيعية [2]. وقد اعتمد الاتحاد الأوروبي استخدام البيتالين كملون غذائي، حيث تم تصنيفها تحت الرمز E162 [3].

تسعى هذه الدراسة إلى تقدير أثر المتغيرات الرئيسية (مدة الاستخلاص، درجة الحرارة، وتركيز المادة) على كفاءة عملية استخلاص صبغات البيتالين من جذور الشوندر الأحمر باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية المساعدة. كما تهدف إلى تحسين هذه العملية لتحديد الظروف المثلى التي تضمن زيادة إنتاجية الاستخلاص، مع تقييم ومقارنة ثبات الصبغة الناتجة وجودتها الحسية والكيميائية عند التخزين الطازج وبعد فترة حفظ مدتها ستة أشهر.

يحتوي الشوندر الأحمر على البيتالين، الذي يتكون بشكل رئيسي من مركبين: الأول بيتاسيانين betacyanine، ذو اللون الأحمر البنفسجي، والثاني كميات قليلة من بيتاكسانسين betaxanthines، ذو اللون الأصفر [4].

تخضع صبغات البتالين لتغيرات هيكلية حادة نتيجة تعرضها للعوامل البيئية، لاسيما الحرارة والأكسجين. وتؤكد الدراسات الحديثة أن عملية التجفيف الأولي لشرائح الشوندر هي خطوة استراتيجية تهدف إلى خفض النشاط المائي لضمان استقرار الصبغة كيميائياً، بالإضافة إلى دورها في تحطيم المصفوفة الخلوية، مما يرفع من كفاءة عملية الاستخلاص لاحقاً عند تحويل المادة إلى مسحوق ناعم[5].

قام الباحث Gokhale و Lele عام 2014 بدراسة تأثير تجفيف شرائح الشوندر الأحمرباستخدام الهواء الساخن في محتوى الصبغة من البيتالين ونشاطها المضاد للأكسدة. تم إجراء التجفيف ضمن مجال120–50°م، وأظهرت نتائج الدراسة أن التجفيف عند درجات حرارة تتراوح بين–50 65°م يحقق أفضل ثبات للصبغة[6] .

يعود اختلاف محتوى الصبغة من المركبات الفعالة إلى تنوع طرائق استخلاصها. فقد تم استخلاص الصبغة بطرقتين: الأولى باستخدام الماء، والثانية باستخدام حمض الليمون بتركيز 2٪، عند نفس زمن الاستخلاص 1دقيقة وكان تركيز البيتالين في الصبغة المستخلصة 15.75 ،13.79 غ/100مل على التوالي [7].

أما بالنسبة للثبات الحراري للمستخلص المائي، فقد تم قياسه عند درجة حرارة 50°م لمدة 10دقيقة ، حيث بلغ التركيز 21.55 غ/100مل. في حين كان أفضل ثبات حراري للمستخلص الحمضي عند درجة حرارة 40 °م لمدة 5 دقيقة ، حيث بلغ التركيز 15.62 غ/100مل. كما أظهر تركيز صبغة البيتالين المستخلصة مائياً استقراراً أكبر مع زيادة درجة الحرارة ومدة الاستخلاص مقارنةً بالمستخلص الحمضي[7] .

مواد البحث وطرائقه:

-المواد المستخدمة :

أُستُخدمت في هذا البحث المواد الكيميائية التالية: كاشف فولين-سيوكالتيو، حمض الغاليك بتركيز 5g/L ، مركب DPPH (ثنائي فينيل-1-بيكريل هيدرازيل) بتركيز 0.025g/l ، كربونات الصوديوم بتركيز 20٪،الميثانول بنسبة 80٪،

-تجهيز مسحوق الشوندر الأحمر:

تم الحصول على جذور الشوندر الأحمر من السوق المحلي في حمص (شباط 2024)، حيث خضعت للغسل بالماء الجاري لإزالة الشوائب.

عد تجفيف 2Kg من الشوندر الأحمر المقطع شرائح عند درجة حرارة 60 مئوية، يكون الوزن النهائي 200g. يعتمد هذا التقدير على فقدان نتيجة إزالة المحتوى الرطوبي العالي للشوندر الطازج. وقد يختلف الوزن النهائي قليلاً تبعاً لعوامل مثل سمك الشرائح ومدة التجفيف ومدى الجفاف المطلوب. بعد ذلك، قُطعت الجذور إلى شرائح رقيقة (2مم) باستخدام سكين حاد، ثم جُففت في مجفف كهربائي عند55 °م لمدة 24 ساعة. طُحنت الشرائح المجففة لاحقاً باستخدام مطحنة كهربائية للحصول على مسحوق ناعم، والذي خُزن في وعاء زجاجي محكم الإغلاق عند4°م حتى وقت اجراء عملية الاستخلاص و طيلة وقت التخزين .

شملت الدراسة مقارنة كفاءة الاستخلاص بين العينات الطازجة (زمن صفر) وتلك المخزنة لمدة 6 أشهر.

استخلاص الصبغة:

تمت عملية الاستخلاص بإضافة وزن محدد من مسحوق الشوندر الأحمرفي بيشر سعته 500مم للوصول إلى التركيز المستهدف ((2,6,10غ/100مل، ثم وضع في جهاز الموجات فوق الصوتية ذو تردد 40 KHz و طاقة التشغيل150W ثم تم ترشيح العينة المحضرة تحت الظروف التجريبية المحددة.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

تم إجراء تصميم التجربة عاملي كامل (Full factorial) بمستوين مع إضافة 3نقاط مركزية باستخدام برنامج Minitab 18

أما بالنسبة لتحديد مستويات العوامل، فقد تم تعيين المجال بين القيمة الدنيا والعليا لكل عامل على النحو التالي: مجال زمن الاستخلاص بين 2 و 60 دقيقة ، و درجة الحرارة بين 20 و 60 °م ، و التركيز بين 2و10 غ/100مل .

الاختبارات:

1- تقدير محتوى البيتاسيانين:

تم تحضير المستخلص ثم تخفيفه بأخذ 10مم منه وتمديده إلى 100مم باستخدام الماء المقطر. بعد ذلك، تم قياس الامتصاصية باستخدام جهاز الطيف الضوئي عند طول موجة نانومتر 535 (حسب طريقة[4]).

حساب محتوى البيتاسيانين(BC):

حُسب باستخدام المعادلة التالية:

$$BC\ mg/100g = [(A \times DF \times MW \times 1000) / (\varepsilon \times l)]$$

حيث:

- A:الامتصاصية عند طول موجة نانومتر 535 .
- DF: عامل التخفيف .
- MW: الوزن الجزيئي للصبغة (550 g/mol).
- ε: ثابت للبتالين (60,000 .L/mol).

- l: طول المسار الضوئي للكيوفيت (1 cm).

2- تقدير مضادات الأكسدة:

2-1- تحضير العينة:

تم تحضير العينات لاختبارين مضادات الأكسدة والفينولات وفقًا للطريقة الموضحة في [7] حيث تم أخذ (1مم) من العينة وتم تكميل الحجم إلى (10مم) باستخدام ميثانول 80%. بعد ذلك، تم خلط المحلول جيدًا لمدة (30دقيقة) ثم طُرِد مركزيًا بسرعة 4000 دورة في الدقيقة لمدة (10دقيقة) باستخدام جهاز طرد مركزي من نوع (SCILOGEX LLC, USA). أخيرًا، تم جمع الطبقة الرائقة وحفظها عند درجة حرارة (-18°م) لحين إجراء التحاليل اللاحقة على العينات.

2-2- تحديد القدرة المضادة للأكسدة بطريقة الجذر الحر DPPH:

تم تحديد النشاط المضاد للأكسدة وفقاً لطريقة [8] حيث تم إضافة (1.5مم) من محلول DPPH إلى أنبوب اختبار متبوعاً بإضافة (37.5ميكرولتر) من مستخلص العينة المركز. بعد التحريك الجيد، حُفظ الخليط في الظلام لمدة (30دقيقة) عند درجة حرارة الغرفة ليكتمل التفاعل. ثم قيست قيم الامتصاصية عند الطول الموجي (515نانومتر) باستخدام جهاز المطياف الضوئي.

تم حساب النتائج باستخدام معادلة نسبة التثبيط التالية:

$$DPPH\ (\%) = [(A_0 - A) / A_0] \times 100$$

حيث:

- A_0: قيمة امتصاص محلول DPPH
- A: قيمة امتصاص العينة بعد التفاعل

3- تقدير الفينولات الكلية بطريقة فولين سيوكالتيو:

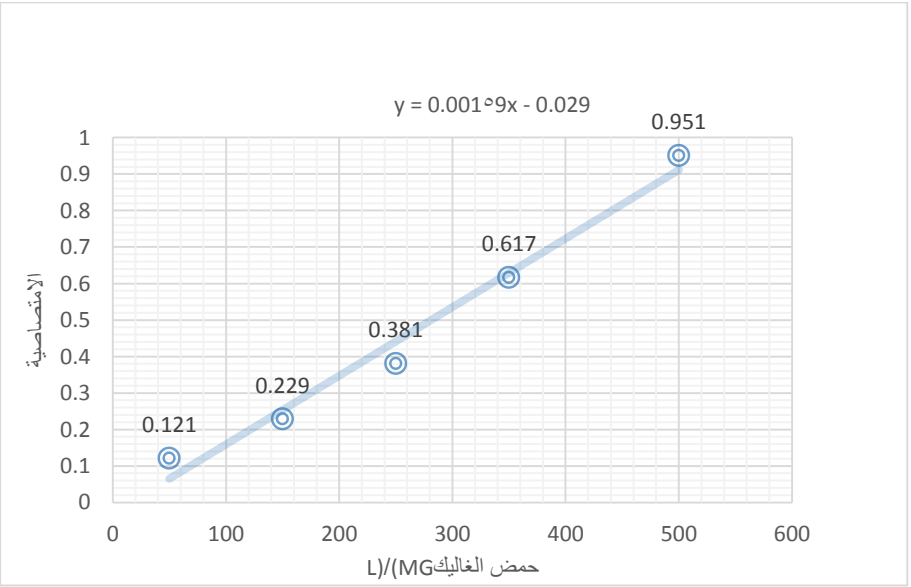
تم تقدير محتوى الفينولات الكلية باستخدام الطريقة الطيفية وفقاً لمرجع [10]. حيث تم إضافة 1580ميكرولتر من الماء المقطر إلى أنبوب اختبار، ثم تمت إضافة 20ميكرولتر من المستخلص

العينة (حمض الغاليك للمعايرة أو العينة الشاهد). بعد ذلك، تمت إضافة ميكرولتر 100من كاشف فولين–سيوكالتو مع التحريك مباشرة، على ألا تزيد مدة التحضين في هذه المرحلة عن 8دقيقة ولا تقل عن 1دقيقة .

ثم تم إضافة 300ميكرولتر من محلول كربونات الصوديوم 20%، وتم تحضين الخليط في الظلام عند درجة حرارة الغرفة لمدة تتراوح بين 1.5h إلى 2h بعد التحريك. ثم تم قياس الامتصاصية عند طول موجة 765نانومتر باستخدام جهاز المطياف.

بالنسبة للسلسلة القياسية، فقد تم تحضير محلول أساسي من حمض الغاليك بتركيز 5غ/ل بإذابة 0.5غ من المادة في 10مم من الإيثانول، ثم تم إكمال الحجم إلى مم 100بالماء المقطر. من هذا المحلول، تم تحضير السلسلة القياسية بتراكيز

(50,150,250,350,500ملغ/ل) بأخذ أحجام1,3,5,7,10مم وتم تخفيف كل منها إلى 100مم بالماء المقطر. بعد قياس امتصاصيتها، تم رسم المنحنى العياري وبناءً عليه، تم حساب تركيز الفينولات الكلية في العينات معبراً عنه بمكافئ حمض الغاليك (ملغ/ل). وجدر بالذكر أن جميع القياسات قد أُجريت بثلاث مكررات لكل عينة. يبين الشكل (1) النتائج السلسة العيارية لحمض الغاليك لتقدير الفينولات الكلية.



شكل (1) السلسة العيارية لحمض الغاليك لتقدير الفينولات الكلية

النتائج والمناقشة:

– نتائج محتوى البيتاسيانين في صبغة الشوندر الأحمر:

تُظهر نتائج تحليل محتوى البيتاسيانين في صبغة الشوندر الأحمر (الجدول 1 والشكل 2) تراوح القيم بين54.254 غ/100مل و 78.252غ/100مل في بداية التخزين.

كما يبين الجدول (2) نتائج التحليل الإحصائي لمحتوى البيتاسيانين ، في حين يوضح الشكلان (3) و (4) سطح استجابة تأثير ظروف التجربة على محتوى البيتاسيانين عند بداية التخزين وبعد ستة أشهر منه على التوالي.

وقد أظهرت النتائج أن تأثير الزمن والتركيز معاً في بداية التخزين كان سالبًا وغير ذو دلالة إحصائية. في المقابل، كان تأثير التركيز منفردًا موجبًا مهم احصائياً عند مستوى ($p < 0.05$) هذا التأثير يتوافق مع نتائج دراسة [11].

أثبتت الدراسة أن ارتفاع درجة الحرارة من20°م إلى60°م يعزز بشكل كبير من استخلاص الصبغة، حيث يؤدي ارتفاع الحرارة إلى زيادة النفاذية ، مما يسهل عملية انتقال مركبات البيتالين. ومع ذلك، فإن التعرض لدرجات حرارة تفوق60 °م لفترات مطولة يؤدي إلى التحلل الحراري لهذه المركبات الحساسة، و هذا يتوافق مع دراسة الباحثين Kadian و زملائه في عام 2013[12]. وفيما يتعلق بالثباتية، أظهر تخزين المسحوق المجفف عند 10°م لمدة ستة أشهر كفاءةً في الحفاظ على مركبات البيتالين الحساسة (البيتاسيانين والبيتاكسانثين)، حيث يحد التخزين البارد بشكل كبير من معدلات تحلل الصبغة، خاصة في العينات المجففة مسبقاً [13]. ومع ذلك، سُجل فقدان طفيف في المحتوى البيتاسيانين بلغ 3–4% خلال التخزين لمدة ستة أشهر، يُعزى إلى استمرار عمليات التحلل الكيميائي البطيئة مثل الأكسدة الذاتية [14].

كذلك تم اشتقاق معادلتين انحداريتين: تمثل المعادلة الأولى (1) محتوى البيتاسيانين في بداية التخزين، بينما تمثل المعادلة الثانية (2) محتوى البيتاسيانين بعد ستة أشهر من التخزين، وقد بلغ معامل التحديد (R^2) للمعادلتين قيمًا أعلى من 95%، مما يشير إلى تماسك نموذجي الانحدار مع البيانات.

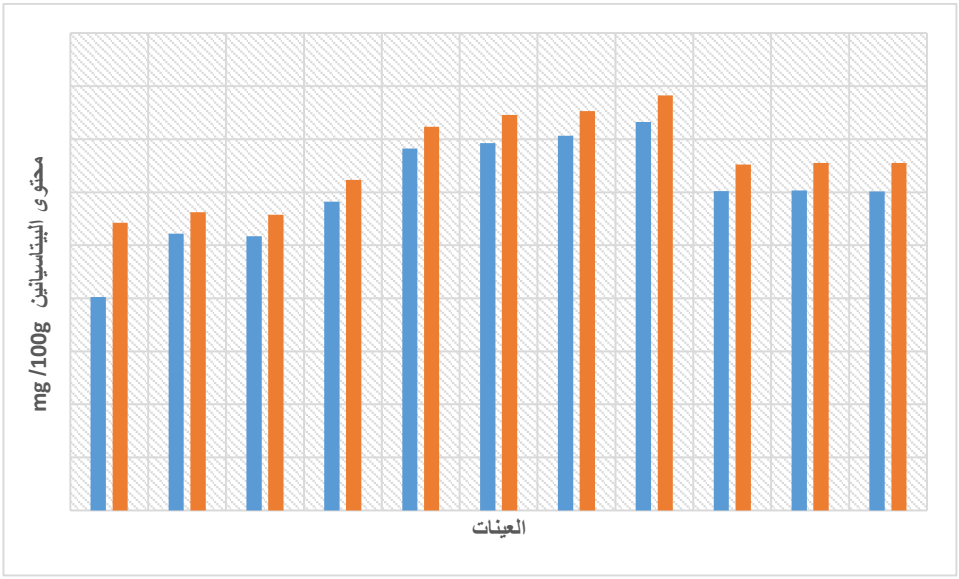
أظهر النموذج الإحصائي الأول عدم وجود تأثير ذو دلالة إحصائية للزمن ($p > 0.05$) على المتغير التابع في المعادلة الأولى، حيث كان معامل الزمن (-0.02951) مقترناً بقيمة p مرتفعة تشير إلى عدم مصداقية إحصائية.

لم يحدث تحول في طبيعة العلاقة من سلبية إلى إيجابية، بل كان التحول من علاقة مخفية بسبب التشويش الإحصائي إلى علاقة واضحة ذات دلالة إحصائية.

جدول (1) نتائج محتوى البيتاسيانينفي صبغة الشوندر الأحمر

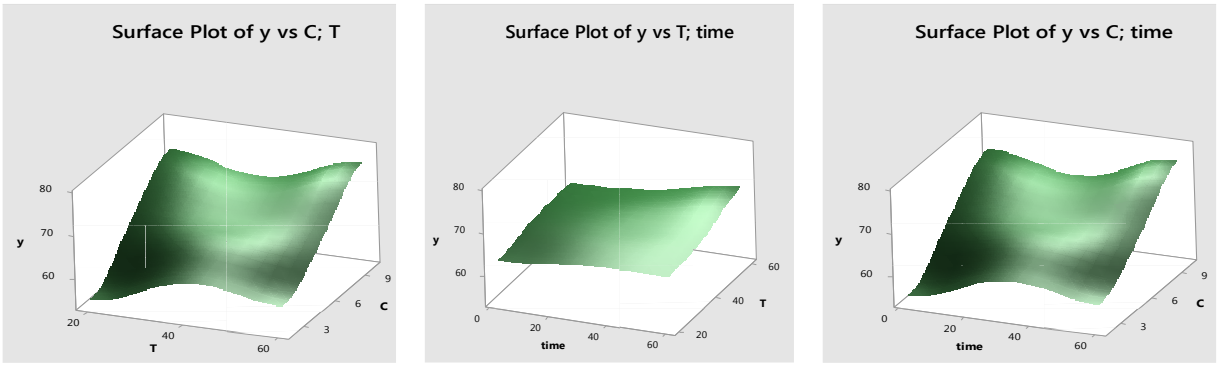
التجربة	Time (دقيقة)	T (°م)	C (غ/100مل)	محتوى البيتاسيانين (mg/100g)	محتوى البيتاسيانين بعد ستة أشهر (mg/100g)
1	2	20	2	54.254	40.254
2	60	20	2	56.210	52.21
3	2	60	2	55.721	51.721
4	60	60	2	62.315	58.235
5	2	20	10	72.321	68.235
6	60	20	10	74.552	69.251
7	2	60	10	75.278	70.658

73.254	78.252	10	60	60	8
60.214	65.251	6	40	31	9
60.354	65.521	6	40	31	10
60.125	65.541	6	40	31	11



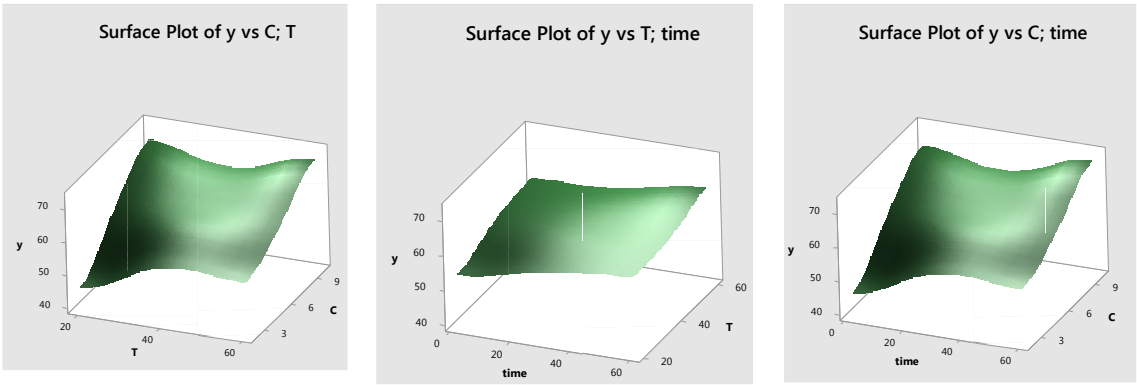
شكل (2) نتائج محتوى البيتاسيانين في صبغة الشوندر الأحمر

$$Y=48.853+ 0.04234\ T- 0.02951\ time+ 2.2264\ C + 0.002419\ T\times time+ 0.00128\ T\times C+ 0.00741\ time\times C - 0.000210\ T\times time\times C - 0.675\ Ct\ Pt \quad (1)$$



شكل3 سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على محتوى البيتاسيانين لصبغة الشوندر الأحمرفي بداية التخزين

$$Y=25.316+ 0.37348\ T+ 0.29874\ time+ 4.2355\ C- 0.003102\ T\times time - 0.034944\ T\times C- 0.027058\ time\times C + 0.000378\ T\times time\times C - 0.2463\ Ct\ Pt \quad (2)$$



شكل 4 سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على محتوى بيتاسيانين لصبغة الشوندر الأحمربعد ستة أشهر من التخزين

الجدول (2) التحليل الإحصائي لمحتوى البيتالين

في بداية التخزين	R-sq	R-sq(adj)	بعد ستة أشهر	R-sq	R-sq(adj)
	99.99%	99.96%		100.00%	99.99%
Term	Coef	P-Value	Term	Coef	P-Value
Constant	66.1129	0.000	Constant	60.4773	0.000
T	1.7194	0.001	T	2.7603	0.000
Time	1.7786	0.001	Time	2.9897	0.000
C	8.9879	0.000	C	9.8723	0.000
T×time	0.6726	0.007	T×time	−0.4828	0.007
T×C	−0.4181	0.018	T×C	−1.8572	0.000
time×C	−0.1144	0.184	time×C	−1.3833	0.001
T×time×C	−0.4869	0.014	T×time×C	0.8778	0.002
Ct Pt	−0.675	0.025	Ct Pt	−0.2462	0.088

–نتائج مضادات الأكسدة في صبغة الشوندر الأحمرلأحمر:

يُبين جدول (3) والشكل(5) نتائج اختبار فعالية تثبيط الجذور الحرة (DPPH%) لصبغة الشوندر الأحمر أن القيم تراوحت بين 60.39% و90% بداية التخزين

أما بالنسبة للقيم بعد تخزين لمدة ستة أشهر% 53.52 و% 91.16 بعد ستة أشهر من التخزين. يُظهر الجدول (4) نتائج التحليل الإحصائي لاختبار مضادات الأكسدة DPPH، بينما يوضح الشكلان (6) و(7) سطح استجابة تأثير ظروف التجربة على DPPH عند بداية التخزين وبعد ستة أشهر على التوالي

وفي سياق عملية الاستخلاص، ساهمت درجات الحرارة (40–60) °م في تعزيز كفاءة استخلاص المركبات الفينولية من الخلايا النباتية، مما انعكس إيجابًا على تحسين نتائج اختبار%DPPH هذا يتوافق مع دراسة الباحثFarghaly وزملائه عام 2019 [15] .

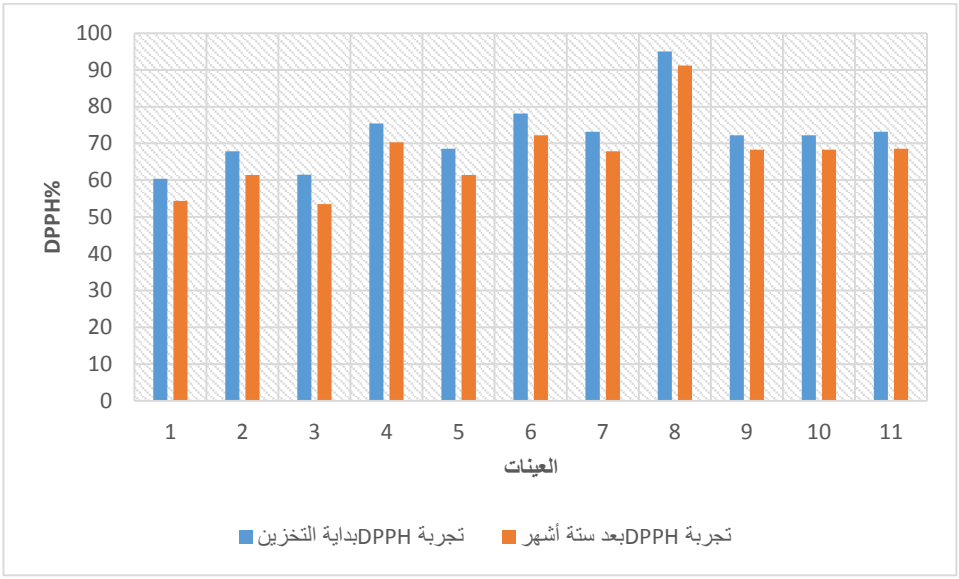
إلا أن الجدول يُبرز أيضًا انخفاضًا ملموسًا في نسبة تثبيط الجذور الحرة (DPPH%) بعد تخزين المستخلص المائي لستة أشهر. ويُرجع هذا التراجع إلى تأثر استقرار المركبات النشطة البيتالين الحساسة للضوء والحرارة والأكسجين مما يؤدي إلى تحللها التدريجي في حال عدم توفر ظروف تخزين مثالية [16].

وقد أظهرت النتائج أن تأثير المتغيرات كان موجبًا وذا دلالة إحصائية عند مستوى ($p < 0.05$). كما تم اشتقاق معادلتي الانحدار: تمثل المعادلة (3) قيم DPPH عند بداية التخزين، بينما تمثل المعادلة (4) DPPH بعد ستة أشهر من التخزين، حيث سجل معامل التحديد (R^2) للمعادلتين قيمًا أعلى من 95%، مما يدل على دقة توافق معادلتي الانحدار مع البيانات."

التجربة	Time)دقيقة (	T (°م)	C (غ/100مل)	%DPPH في بداية التخزين	%DPPH بعد ستة اشهر
1	2	20	2	60.39	54.41
2	60	20	2	67.82	61.46
3	2	60	2	61.49	53.52
4	60	60	2	75.46	70.29
5	2	20	10	68.59	61.46
6	60	20	10	78.14	72.25
7	2	60	10	73.21	67.82
8	60	60	10	95.00	91.16
9	31	40	6	72.21	68.33
10	31	40	6	72.21	68.33
11	31	40	6	72.21	68.59

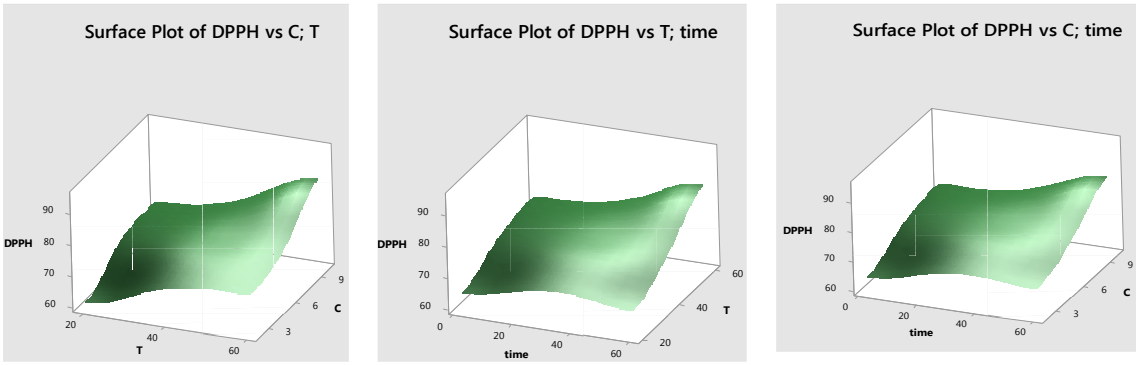
جدول (3) نتائج اختبار فعالية تثبيط الجذور الحرة (DPPH%)

في صبغة الشوندر الأحمر



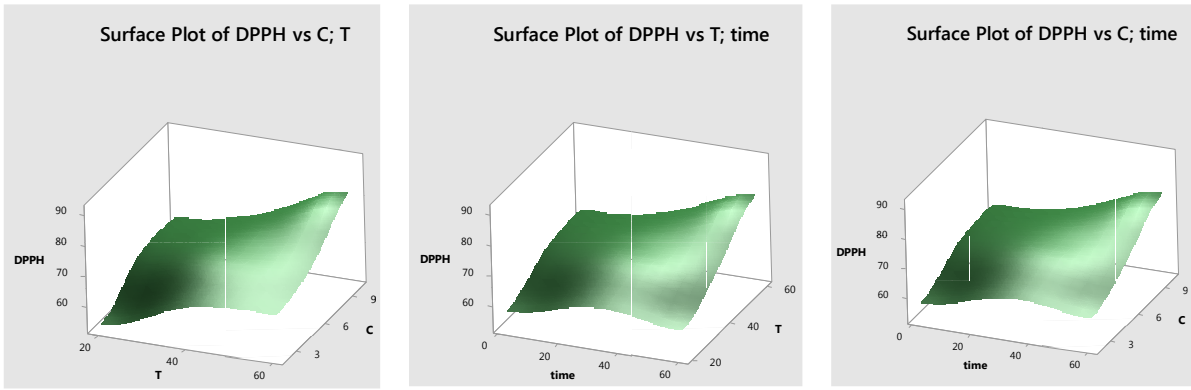
الشكل (5) نتائج اختبار فعالية تثبيط الجذور الحرة (DPPH%) في صبغة الشوندر الأحمر المائي

$$DPPH=54.97+ 0.1681\ T- 0.0403\ time+ 0.890\ C+ 0.002205\ T\times time+ 0.00601\ T\times C + 0.00144\ time\times C + 0.000307\ T\times time\times C + 0.031\ Ct\ Pt \quad (3)$$



شكل 6 سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على DPPH لصبغة الشوندر الأحمرفي بداية التخزين

$$DPPH=49.839+ 0.14511\ T+ 0.12429\ time+ 0.6223\ C+ 0.003885\ T\times time+ 0.011383\ T\times C+ 0.01258\ time\times C+ 0.000152\ T\times time\times C + 1.870\ Ct\ Pt \quad (4)$$



شكل7سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على DPPH لصبغة الشوندر الأحمربعد 6 أشهر التخزين

الجدول (4) التحليل الإحصائي لاختبار مضادات الأكسدة

في بداية التخزين	R-sq	R-sq(adj)	بعد ستة أشهر	R-sq	R-sq(adj)
	100.00%	%99.61		100.00%	99.98%
Term	Coef	P-Value	Term	Coef	P-Value
Constant	72.513	0.000	Constant	66.5463	0.000
T	6.592	0.001	T	7.2438	0.000
Time	3.777	0.003	Time	4.1512	0.000
C	6.223	0.001	C	6.6262	0.000
T×time	2.348	0.007	T×time	2.7837	0.000
T×C	1.243	0.026	T×C	1.2887	0.002
time×C	1.592	0.016	time×C	2.1662	0.001
T×time×C	0.713	0.073	T×time×C	0.3538	0.022
Ct Pt	0.031	0.944	Ct Pt	1.870	0.003

-نتائج اختبار الفينولات في صبغة الشوندر الأحمر:

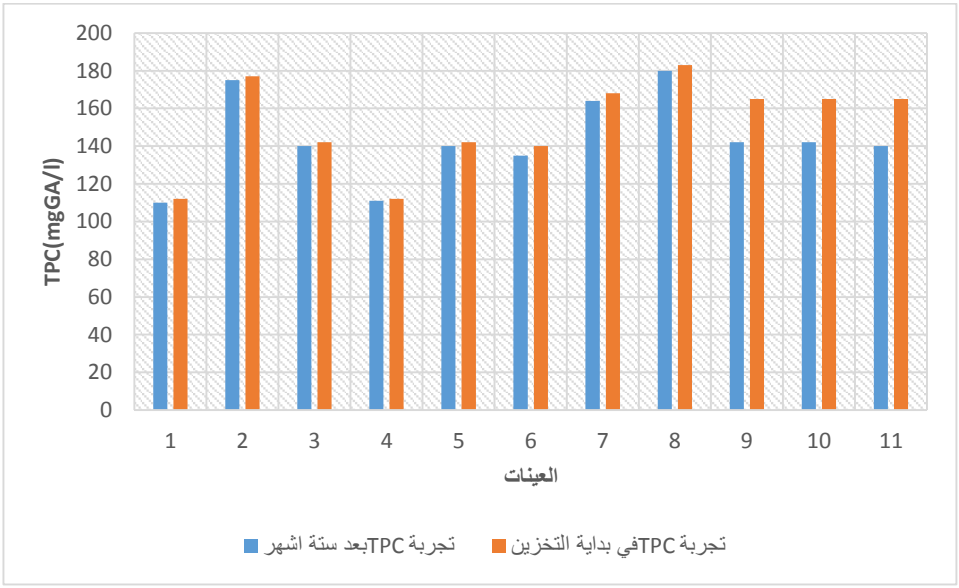
يُبين الجدول (5) و الشكل (8) نتائج اختبار الفينولات في صبغة الشوندر الأحمر المُحَضَّر باستخدام تقنية الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية، على الرغم من كونها تقنية مُحسّنة تُعرف بقدرتها على تعزيز كفاءة استخلاص المركبات الفعّالة عبر تفكيك الجدران الخلوية النباتية وتحسين نفاذية المذيب إلا أن محتوى الفينولات الكلية المُستخلَصة من الشوندر الأحمر بقي منخفضًا نسبيًّا (mgGA/l) (110–183). ويُعزى هذا الانخفاض إلى عدة عوامل، أبرزها استخدام الماء كمذيب رئيسي. فالماء رغم توافقه البيئي وفعاليته مع المركبات القطبية لا يمتلك القدرة على إذابة الفينولات المرتبطة أو غير القطبية، التي تتواجد غالبًا في صورة معقدات داخل الخلايا النباتية. وتشير الدراسات إلى أن معظم الفينولات في الشوندر الأحمرتوجد مرتبطةً بالبروتينات أو السكريات ضمن جدر الخلايا، مما يُصعِّب استخلاصها بالماء وحده حتى مع استخدام الأمواج فوق الصوتية [17]. وبالتالي، فإن استخدام مذيبات عضوية معتدلة القطبية (كالإيثانول أو الميثانول) أو أنظمة استخلاص مزدوجة يُعد أكثر فعاليةً لاستخلاص الفينولات من هذه المواد النباتية.

أكدت دراسة الباحثKujala وزملائه في عام 2000، لم يُظهِر تخزين عينات الشوندر الأحمرلمدة ستة أشهر أي انخفاض ذي دلالة إحصائية في الفينولات الكلية، نظرًا لأن نواتج تحلل البيتانين لا تنتمي بالكامل إلى العائلة الفينولية[14].

يُظهر الجدول (6) نتائج التحليل الإحصائي لـ TPC، بينما يوضح الشكلان (9) و(10) سطح استجابة تأثير ظروف التجربة على TPC عند بداية التخزين وبعد ستة أشهر على التوالي. وأظهرت النتائج أن تأثير المتغيرات كان موجبًا وذا دلالة إحصائية عند مستوى ($p < 0.05$). كما تم اشتقاق معادلتين انحداريتين: تمثل المعادلة (5) TPC عند بداية التخزين، بينما تمثل المعادلة (6) TPC بعد ستة أشهر من التخزين، حيث سجل معامل التحديد (R^2) للمعادلتين قيمًا أعلى من 95%، مما يدل على تماسك نموذج الانحدار مع البيانات.

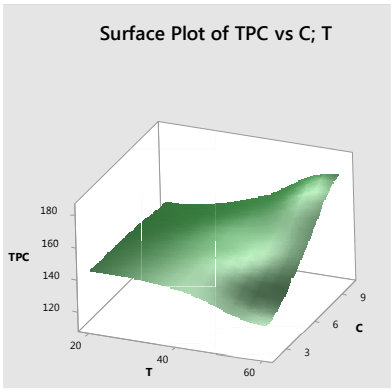
جدول (5) نتائج اختبار الفينولات (TPC) صبغة الشوندر الأحمر

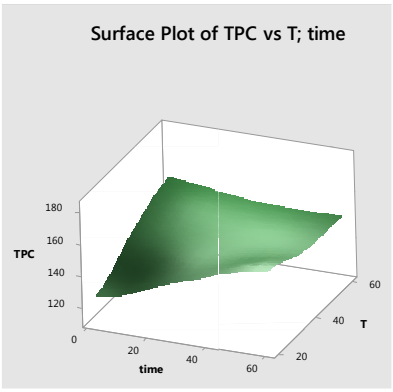
التجربة	Time (دقيقة)	T (°م)	C (غ/100مل)	TPC (mgGA/l)	TPC بعد ستة اشهر (mgGA/l)
1	2	20	2	112	110
2	60	20	2	177	175
3	2	60	2	142	140
4	60	60	2	112	111
5	2	20	10	142	140
6	60	20	10	140	135
7	2	60	10	168	164
8	60	60	10	183	180
9	31	40	6	165	142
10	31	40	6	165	142
11	31	40	6	165	140

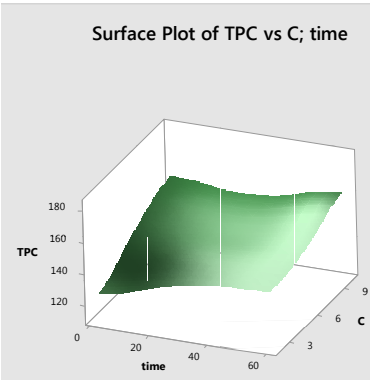


الشكل (8) نتائج اختبار الفينولات (TPC) في صبغة الشوندر الأحمر

$$TPC=84.06+ 2.4698\ time+ 0.8810\ T+ 4.530\ C- 0.05302\ time\times T- 0.26509\ time\times C- 0.02457\ T\times C + 0.006034\ time\times T\times C - 2.667\ Ct\ Pt \quad (5)$$

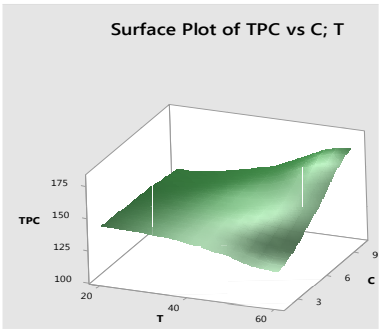


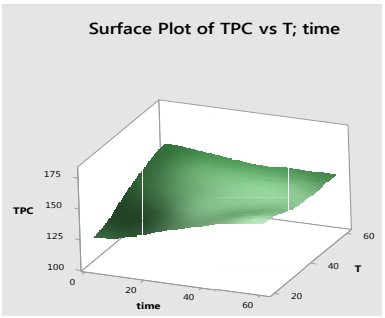


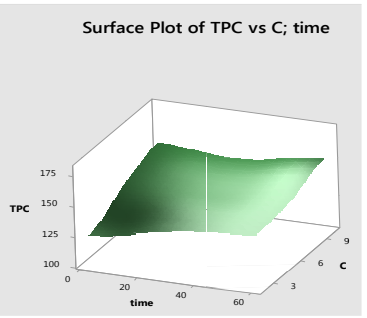


شكل (9) سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على TPC لصبغة الشوندر الأحمرفي بداية التخزين

$$TPC=81.79+ 2.4806\ time+ 0.8933\ T+ 4.675\ C- 0.05291\ time\times T- 0.27478\ time\times C- 0.03114\ T\times C + 0.006196\ time\times T\times C - 3.042\ Ct\ Pt \quad (6)$$







شكل (10)سطح الاستجابة لدراسة تأثير شروط الاستجابة على TPC لصبغة الشوندر الأحمربعد ستة أشهر من التخزين

الجدول (6) تحليل الإحصائي لاختبار TPC

في بداية التخزين	R-sq 99.95%	R-sq(adj) 99.74%	بعد ستة أشهر	R-sq 99.95%	R-sq(adj) 99.74%
Term	Coef	P-Value	Term	Coef	P-Value
Constant	147.000	0.000	Constant	144.375	0.002
T	6.000	0.005	T	5.875	0.003
Time	4.250	0.009	Time	4.375	0.005
C	11.250	0.001	C	10.375	0.009
T×time	−9.750	0.002	T×time	−9.125	0.002
T×C	−2.750	0.021	T×C	−3.125	0.002
time×C	13.000	0.001	time×C	12.875	0.002

T×time×C	14.000	0.001	T×time×C	14.375	0.017
Ct Pt	−2.667	0.076	Ct Pt	−3.042	0.001

الاستنتاجات:

أثبتت نتائج الدراسة فعالية التصميم التجريبي المطبق في عمليات الاستخلاص المائي، حيث تم التوصل إلى الظروف المثلى التي تحقق أعلى مردود عن°م 60 لمدة 60 دقيقة عند تركيز g 10g/100. كما أظهرت النتائج أن الظروف المثلى للاستخلاص تحققت عند درجة حرارة °م 60 لمدة دقيقة 60، وبتركيز g 10g/100، عند بداية التخزين حيث سُجِّل أعلى تركيز لصبغة البيتالين والفينولات ومضادات الأكسدة (DPPH)، وبلغت القيم غ/100مل78.25 و183mgGA/l و95% على التوالي،وأظهرت الصبغة ثباتاً ملحوظاً حتى بعد تخزين العينات لمدة ستة أشهر عند حرارة 5 °م . وتم استخلاص الصبغة بعد التخزين، حيث سُجّلت أعلى قيم لصبغة البيتالين والفينولات ومضادات الأكسدة (DPPH)، وبلغت القيمغ/100مل73.25 ، و180mgGA/lو91% على التوالي، حيث أثبت النموذج دقته بارتباط بثلاث متغيرات (درجة الحراة و الزمن و التركيز)ارتباطاً وثيقاً بمحتوى البتاليين و مضادات الأكسدة و الفينولات ،كما أثبت النموذج دقته بارتباط ارتفاع درجة الحرارة والتركيز بزيادة كفاءة الاستخلاص، مما انعكس مباشرةً على ارتفاع قيم معادلة تثبيط كسح الجذور الحرة. وعليه، يمكن اعتماد هذه الطريقة كنهج فعال وموثوق لتصميم وتطوير عمليات الاستخلاص بهدف تحقيق أقصى استفادة ممكنة من المواد الفعالة.

التوصيات:

توصي هذه الدراسة بالبناء على نتائجها عبر عدة مسارات. يمكن تعزيز كفاءة الاستخلاص وثبات الصبغة من خلال اختبار تقنيات متقدمة مثل الاستخلاص بمساعدة الميكروويف والاستخلاص بطرق أخرى. كما يُقترح توسيع نطاق التطبيقات العملية بتجربة استخدام المسحوق كمادة ملونة ووظيفية في منتجات غذائية متنوعة كالألبان والمخبوزات، مع مراقبة أدائه خلال فترات الصلاحية. من الضروري أيضاً إجراء توصيف أكثر تعمقاً للمستخلص بتحديد هوية المركبات الفينولية وأنواع صبغات البيتالين بدقة باستخدام تقنيات متطورة مثل الـ HPLC.

المراجع:

1. Chawla, H., Parle, M., Sharma, K., & Yadav, M. (2016). Beetroot: A health promoting functional food. Inventi Rapid: Nutraceuticals, 1(1), 0976-3872.
2. Paciulli, M., Medina-Meza, I. G., Chiavaro, E., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2016). Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (Beta vulgaris L.). LWT-Food Science and Technology, 68, 98-104.
3. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2015). Scientific Opinion on the re- evaluation of beetroot red (E 162) as a food additive. EFSA Journal, 13(12), 4318.
4. Attia, G. Y., Moussa, M. M., & Sheashea, E. E. D. R. (2013). Characterization of red pigments extracted from red beet (Beta vulgaris, L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 91(3), 1095-1110.

5. Salami, M. O., & Afolabi, I. S. (2022). Optimization of the extraction of betalains from beetroot (Beta vulgaris L.) using different drying methods. Journal of Food Measurement and Characterization.
6. Gokhale, S. V., & Lele, S. S. (2014). Betalain content and antioxidant activity of Beta vulgaris: effect of hot air convective drying and storage. Journal of Food Processing and Preservation, 38(1), 585-590.
7. Halwani, A. F., Sindi, H. A., & Jambi, H. A. (2018). Characterization of physical properties of red beet pigments. Journal of Biochemical Technology, 9(2-2018), 16-20.
8. Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., & Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. Food chemistry, 106(2), 545-551.
9. Özkan, G., Sagdic, O., Baydar, N. G., and Baydar, H. (2004). Note: Antioxidant and antibacterial activities of Rosa damascena flower extracts. Food Science and Technology International, 10(4), 277-281.
10. Tsai, T. H., Tsai, T. H., Chien, Y. C., Lee, C. W., and Tsai, P. J. (2008). In vitro antimicrobial activities against cariogenic *streptococci* and their antioxidant capacities: A comparative study of green tea versus different herbs. Food Chemistry, 110(4), 859-864.
11. Swamy, G.J.; Sengmithra, A. Chandrasekar, V. (2014). Response surface modeling and process optimization of aqueous extraction of natural pigments from Beta vulgaris using box-behnken design of experiments. Dyes and Pigments،111:64-74.
12. Kadian, S.S. and Sharma, A. (2013). Stability and application of crude beetroot extracts in different food products. International journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS), 2(3):693-698.
13. Gaurav Pandey, G. P., Vivek Pandey, V. P., Pandey, P. R., & George Thomas, G. T. (2018). Effect of extraction solvent temperature on betalain content, phenolic content, antioxidant activity and stability of beetroot (Beta vulgaris L.) powder under different storage conditions .
14. Kujala, T. S., Loponen, J. M., Klika, K. D., & Pihlaja, K. (2000). Phenolics and betacyanins in red beetroot (Beta vulgaris) root:

Distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(11), 5338-5342.

15. Farghaly, M. A., Soliman, A. H., & Abdellatif, A. S. (2019). Evaluation of Red Pigment Extracted from Beetroot. Current Science International, 8(04), 930-941.
16. Postružnik, V., Stajčić, S., Borjan, D., Ćetković, G., Knez, Ž Knez Marevci, M., & Vulić, J. (2024). Impact of Storage conditions on Stability of Bioactive compounds and Bioactivity of Beetroot Extract and Encapsulates. Processes, 12(7), 1345 .
17. chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. Ultrasonics sonochemistry, 34, 540-560.

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في خصائص الصمون

هبة شتور[1]، محمد مصري[2]، شريف صادق [3]

الملخص

تُعد المخبوزات من الأغذية الأساسية واسعة الاستهلاك، إلا أن محدودية قيمتها الغذائية تستدعي البحث عن مصادر طبيعية لتحسين تركيبها الغذائي مع الحفاظ على خصائصها الخبيزية والحسية . وبناءً على ذلك، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير إضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للصمون خلال فترة التخزين.

تم تصنيع صمون مدعّم بدقيق الكينوا بنسب (5- 10- 15- 20- 25 -30) %مقارنة بعينة الشاهد، ودراسة تأثير الإضافة والتخزين لمدة سبعة أيام. تمثلت المتغيرات المدروسة محتوى الرطوبة، النشاط المائي، الرماد، الألياف الغذائية، الصلابة، الحجم والحجم النوعي، المردود، الخصائص اللونية (*L، *a، *b) إضافة إلى التقييم الحسي.

أظهرت النتائج أن زيادة نسبة دقيق الكينوا أدت إلى ارتفاع معنوي في محتوى الرطوبة يقابله انخفاض في النشاط المائي، مما يدل على زيادة تحسن ثبات الصمون أثناء التخزين. كما ارتفع المحتوى الرماد والألياف الغذائية مع زيادة الإضافة، دون تغيرات معنوية خلال فترة التخزين، مما يعكس تحسناً واضحاً في القيمة الغذائية. في المقابل، ازدادت صلابة الصمون بارتفاع نسبة الكينوا، إلا أن عينات الشاهد سجلت أعلى معدلات زيادة في الصلابة أثناء التخزين نتيجة ظاهرة تراجع النشاء. كما أظهرت نتائج اللون انخفاض قيمة *Lوارتفاع قيم *aو *bمع زيادة نسبة الكينوا وزمن التخزين، مما يشير إلى ازدياد الاسمرار نتيجة تفاعلات ميلارد ومحتوى الكينوا من المركبات الملونة. وتوصلت الدراسة إلى أن تدعيم الصمون بدقيق الكينوا بنسبة معتدلة (10-

15)% يُعد الخيار الأمثل، إذ حقق تحسناً غذائياً ملحوظاً مع الحفاظ على الخصائص الخبيزية والحسية المقبولة، في حين أن النسب العالية (≤20%) أثرت سلباً في القبول الحسي والحجم نتيجة ضعف شبكة الغلوتين.

الكلمات المفتاحية: دقيق القمح، دقيق الكينوا، الصمون، الصلابة، المردود.

1 قائم بالأعمال في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة حمص.

2 أستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص.

3 استاذ في قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة حمص.

Studying the effect of adding quinoa flour in the properties of samoon

Heba Shatour [1], Mohamed Masry[2], Sharif Sadeq [3]

Abstract

Bakery products are among the most widely consumed staple foods; however, their limited nutritional value necessitates the search for natural sources to enhance their nutritional composition while maintaining acceptable baking and sensory properties. Accordingly, this study aimed to evaluate the effect of adding quinoa flour at different levels on the physical, chemical, and sensory properties of samoon during storage.

Samoon fortified with quinoa flour at levels of 5, 10, 15, 20, 25, and 30% was produced and compared with a control sample, and the effects of fortification and storage for seven days were investigated. The studied variables included moisture content, water activity, ash content, dietary fiber, hardness, loaf volume and specific volume, yield, color characteristics (L*, a*, b*), in addition to sensory evaluation.

The results showed that increasing the level of quinoa flour led to a significant increase in moisture content accompanied by a decrease in water activity, indicating enhanced water binding within the internal structure of samoon and improved stability during storage. Ash and dietary fiber contents also increased with higher quinoa addition, with no significant changes observed during storage, reflecting a clear improvement in nutritional value. Conversely, samoon hardness increased with increasing quinoa levels; however, the control samples exhibited the highest rate of hardness increase during storage due to starch retrogradation. Color analysis revealed a decrease in L* values and an increase in a* and b* values with higher quinoa levels and longer storage

time, indicating increased browning as a result of Maillard reactions and the presence of natural pigments in quinoa.
The study concluded that fortification of samoon with quinoa flour at moderate levels (10–15%) represents the optimal option, achieving a noticeable nutritional enhancement while maintaining acceptable baking and sensory properties, whereas higher levels (≥20%) negatively affected sensory acceptance and loaf volume due to weakening of the gluten network.

Keywords: Wheat flour, Quinoa flour, Flatbread, Firmness, Baking yield.

1. **Acting Head** of the Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Homs.
2. **Professor** in the Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, University of Homs.
3. **Professor** in the Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Homs.

1.مقدمة :

يُعد خبز الصمون من أكثر أنواع الخبز استهلاكاً في العديد من الدول، ويُصنّع تقليدياً من دقيق القمح لما يمتلكه من خصائص خبيزية مميزة ناتجة عن وجود الغلوتين. إلا أن الاتجاهات الحديثة في علوم وتكنولوجيا الأغذية تسعى إلى تحسين القيمة الغذائية للخبز من خلال تدعيمه بمصادر غذائية غير تقليدية، ومن أبرزها الكينوا(Chenopodium quinoa Willd) .

تتميز الكينوا بقيمتها الغذائية المرتفعة، إذ يتراوح محتواها من البروتين بين (**13–17)%**، وتمتاز بروتيناتها بقيمة حيوية عالية وتوازن جيد في الأحماض الأمينية الأساسية. كما تحتوي على الألياف الغذائية بنسبة تتراوح بين (7–10)%، والدهون بنحو **(5–7)%**المعادن،

الفيتامينات، والمركبات الفينولية ذات النشاط المضاد للأكسدة [13 ;27]. كما تتميز الكينوا بخلوها من بروتينات الغليادين والغلوتينين المسؤولة عن تكوين الغلوتين عند العجن، مما يجعلها مادة خام مناسبة لتطوير منتجات مخبوزة(الخبز –الصمون –البسكويت) ذات خصائص صحية ووظيفية محسّنة. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن إضافة دقيق الكينوا إلى المخبوزات تُسهم في تحسين محتواه من البروتين، الرماد، الألياف الغذائية، والمركبات المضادة للأكسدة، مما يرفع من قيمته الغذائية والوظيفية [11;22].

تؤدي زيادة نسبة استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا إلى تغيّرات ملحوظة في الخصائص الفيزيائية والريولوجية للخبز، حيث لوحظ انخفاض الحجم النوعي وازدياد صلابة اللب مع ارتفاع نسب الإضافة، ويُعزى ذلك إلى تخفيف شبكة الغلوتين والتداخل بين بروتينات الكينوا وبروتينات القمح [21;14]. في المقابل، ظهرت إضافات منخفضة (10–5) %تأثيراً محدوداً على الجودة الخَبزية مع تحسن واضح في القيمة الغذائية.

يؤثر دقيق الكينوا على لون القشرة واللب للصمون، حيث يؤدي إلى انخفاض قيم *L السطوع وارتفاع قيم *a و *b، نتيجة زيادة محتوى الرماد والبوليفينولات وتعزيز تفاعلات ميلارد أثناء الخَبز [13 ;4].

كما أظهرت تحاليل القوام زيادة في الصلابة والمضغية للمخبوزات مع ارتفاع نسبة الكينوا، مقابل انخفاض المرونة والتماسك، خاصة عند نسب الإضافة المرتفعة [22].

بيّنت دراسات أن الخبز المدعّم بدقيق الكينوا يُظهر سلوكاً مختلفاً أثناء التخزين مقارنة بخبز القمح التقليدي. إذ أظهرت عينات الخبز المحتوية على الكينوا قدرة أعلى على الاحتفاظ بالرطوبة وانخفاضاً نسبياً في بيات الخبز (staling) ، ويُعزى ذلك إلى المحتوى المرتفع من الألياف والبروتينات التي تحد من تراجع النشاء [4 ;11]. كما سُجِّل ازدياد تدريجي في الصلابة أثناء التخزين، إلا أن هذا الازدياد كان أقل حدّة في بعض نسب الإضافة المعتدلة، مما يشير إلى إمكانية تحسين الخصائص التخزينية للخبز باستخدام الكينوا بنسب مدروسة.

وبيَّن [12] إن إضافة أكثر من 15–20٪ من دقيق الكينوا، أدت إلى انخفاض في الحجم النهائي لمنتج الصمون، وللتخفيف من الأثر السلبي لتركيزات عالية من دقيق الكينوا والقمح الجاف تم إضافة الغلوتين بكمية 0–5٪ لوصفة الصمون، حيث أظهرت عينات الصمون المدعم

زيادة محتوى البروتين من 7.0 إلى 11.5٪ ، وزيادة محتوى الألياف الغذائية 16.2٪ والثيامين 17.8٪ والمغنيزيوم 24.5٪ والحديد 16.7٪ والفوسفور 19.4٪.

على الرغم من أن ارتفاع نسب إضافة الكينوا قد يؤدي إلى انخفاض طفيف في القبول الحسي، خصوصاً من حيث اللون والنكهة، إلا أن معظم الدراسات تؤكد أن نسب الإضافة المعتدلة (5–15%) تحقق توازناً مقبولاً بين الجودة الحسية والقيمة الغذائية، مع تحسين النشاط المضاد للأكسدة وانخفاض قابلية هضم النشاء السريع، مما قد يسهم في خفض المؤشر الغلايسيمي للخبز [22; 14].

2. هدف البحث:

هدفت هذا البحث لدراسة التأثير المتكامل لإضافة دقيق الكينوا في خصائص الصمون أثناء التخزين وليس بعد الخَبز فقط، من خلال تتبع التغيرات الفيزيائية–الكيميائية، الميكانيكية، اللونية والحسية. كما يبرز التجديد في الربط بين الرطوبة، النشاط المائي وتراجع النشاء وتأثيرها في الصلابة واستقرار الحجم النوعي، مع تحديد نسبة إضافة مثلى (10–15)% تحقق تحسناً غذائياً ملحوظاً مع الحفاظ على الجودة الخبيزية والحسية وثبات نسبي في الخصائص اللونية خلال التخزين، مما يسد فجوة بحثية في الدراسات السابقة على المخبوزات المدعّمة بالحبوب البديلة.

3. مواد وطرائق البحث:

3–1– مواد البحث: أنجز البحث باستخدام:

1. الدّقيق: تمّ استخدام دقيق القمح ذو نسبة استخراج 72 % إنتاج الشركة العامة للمطاحن في سورية. وهو مُنتج وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة رقم 192 لعام 2002 (م.ق.س 192/ 2002).

2. الكينوا: تم الحصول على بذور نبات الكينوا من هيئة العامة للبحوث العلمية في محافظة حمص (تحسين محاصيل إيرانية) ، وتمت تنقيتها وتنظيفها وغسيلها لإزالة السابونين وتجفيفها وحفظها إلى حين إجراء الفحوصات اللازمة عليه.

ويبين الجدول (1) التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح ودقيق بذور الكينوا المستخدم في البحث.

الجدول (1) التركيب الفيزيوكيميائي لدقيق القمح ودقيق الكينوا

القرائن (%)	الرطوبة	الرماد	البروتين	الألياف
دقيق القمح	0.06±13.8	0.02±0.65	0.12±11.7	0.05±0.43
دقيق الكينوا	0.09±10.2	0.05±2.57	0.07±13.88	0.12±5.39

على الرغم من الارتفاع النسبي في محتوى البروتين (13.88 % في دقيق الكينوا)، فإن خلو المادة من الغلوتين يمنع تشكّل شبكة غلوتينية متماسكة في دقيق الكينوا.

3-2- تجربة الخبيز لخبز الصمون (Samoon Baking Test):

أُجريت تجربة الخبيز لإنتاج خبز الصمون في المخابز المحلية المتخصصة بإنتاج الصمون (أفران الميدان)، وفق الظروف الصناعية المتبعة، واتباعاً للخطوات الآتية:

1-تحضير العجين:

تم تحضير عجين الصمون وفق الطريقة المباشرة (Direct method) باستخدام المكونات الآتية: دقيق القمح، الخميرة، ملح الطعام (NaCl) والماء.تم إضافة 100 غ دقيق و بلغت نسبة الخميرة الطرية المضافة 2% من وزن الدقيق، في حين استُخدم ملح الطعام بنسبة 1.3% وسكر بنسبة 1%. حُددت كمية الماء اللازمة لتحضير العجين اعتماداً على قراءات جهاز الميكسولاب عند أساس رطوبة 14% للدقيق المستخدم في جميع الخلطات. تم العجن باستخدام عجانة مخبرية بسرعة 70 دورة/دقيقة ولمدة 12-10 دقيقة حتى الوصول إلى عجين متجانس وذو قوام مناسب [10 ;5].

2- تخمير العجين:

أُعطي العجين فترة تخمير أولي لمدة 50-45 دقيقة عند درجة حرارة 30-28°م، بهدف تنشيط الخميرة وتكوين البنية الغلوتينية المناسبة لعجين الصمون [7].

3-تقطيع العجين:

قُطع العجين يدوياً إلى قطع متساوية بوزن يقارب 80 غ لكل قطعة، وهو الوزن الشائع المستخدم في إنتاج خبز الصمون، ثم شُكلت القطع على هيئة كرات.

4-التشكيل النهائي:

تم تشكيل قطع العجين على شكل (ممدود الشكل التقليدي للصمون)، وذلك يدوياً، ثم نُقلت القطع إلى خط الإنتاج لإجراء عمليات التخمير النهائي.

5- استراحة العجين (التخمير النهائي):

تُركت قطع العجين بعد التشكيل النهائي لفترة استراحة وتخمير نهائي مدتها 15-10 دقيقة عند درجة حرارة 30±2 م°، وذلك لتحسين حجم الصمون وانتظام مساميته الداخلية.

6-الخبيز:

أُجري خبيز الصمون في الفرن عند درجة حرارة تراوحت بين 350-300°م لمدة 6- 10 دقائق، وهي ظروف نموذجية مستخدمة في إنتاج خبز الصمون، حيث يُلاحظ تكوّن القشرة الخارجية مع احتفاظ اللب بالنعومة [17 ;5].

7- التبريد

بُردت عينات الصمون بعد الخروج من الفرن على رفوف، تبريد لمدة 15-10 دقيقة حتى الوصول إلى درجة حرارة الجو، لمنع تكاثف الرطوبة داخل العبوات.

8-التغليف

تم تغليف عينات خبز الصمون باستخدام أكياس من البولي بروبلين حيث يوضح الجدول خصائص البولي بروبلين، وأُجريت الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والريولوجية اللاحقة في نفس يوم الخبيز لضمان دقة النتائج وثبات الخصائص المقاسة.

خصائص البولي بروبلين

الخاصية	PP
الكثافة g/cm^3	0.9
درجة المقاومة الحرارية (الثباتيةC°)	140
النفاذية لغاز الأوكسجين10^3*$(cm^3/100\mu m/m^2/day.\ atm)$	6

النفاذية لبخار الماء $g/m^2/day/100\ \mu m$	0.5
النفاذية النسبية للضوء (%)	~60

3-3-طرائق البحث:

- **الرطوبة (%):** قُدرت نسبة الرطوبة في عينات خبز الصمون باستخدام فرن التجفيف عند درجة حرارة 105°م حتى ثبات الوزن، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من AACC International رقم 15.02-44، والمستخدمة على نطاق واسع في تقييم الخبز العربي ومنتجات المخابز [3; 6].
- **الرماد (%):** حُددت نسبة الرماد في عينات خبز الصمون بالحرق في المرمدة عند درجة حرارة 550 °م حتى ثبات الوزن، حسب طريقة AACC International رقم 08-01.01، كما ورد في دراسات تقييم جودة الخبز العربي والصمون [3; 19].
- **اللون:** تم قياس لون لبّ وقشرة خبز الصمون باستخدام جهاز قياس اللون Konica Minolta CM-3500d (Japan) لتحديد إحداثيات اللون في نظام L*, a*, b*، حيث تعبّر قيمة **L*** عن درجة البياض أو الإضاءة، بينما تعبّر a* عن شدة الاحمرار و **b*** عن شدة الاصفرار،
بعد معايرة الجهاز باستخدام اللوحات البيضاء والسوداء كألوان مرجعية قياسية، وفق ما هو متبع في تقييم لون خبز الصمون والخبز العربي [7;25].
- **الألياف (%):** تم تقدير محتوى الألياف الخام في عينات الدقيق باستخدام طريقة ويندە (Weende) التي تعتمد على الهضم المتسلسل بالحمض H2SO4 5% والقلوي NaOH 5% وإزالة المركبات غير الليفية، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من رقم 978.10 [8].
- **النشاط المائي** (aw): قيس النشاط المائي لعينات خبز الصمون باستخدام جهاز Novasina (Axair Ltd) عند درجة حرارة 25°م، وذلك لتقييم استقرارية المنتج وقابليته للتلف الميكروبي، وفق الطريقة الموصوفة في دراسات خبز الصمون والخبز المسطح [5; 17].

- **الصلابة (Texture):** قُدرت صلابة خبز الصمون باستخدام جهاز TA-XT.plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, U.K)، من خلال قياس أقصى قوة اختراق (Maximum Force) معبراً عنها بوحدة نيوتن ، بسرعة مسبر مقدارها mm/sec0.2 لعمق أعظمي مقداره 10 mm ، والتي تُعد مؤشراً على صلابة لبّ الخبز وتغير قوامه أثناء التخزين، وفق طرق تحليل قوام الخبز العربي والصمون [17 ;9 ;5].
- **قياس حجم خبز الصمون:** بجهاز قياس الحجم حيث يقاس الحجم ب (سم^3) وذلك بطريقة الإزاحة ببذر الكتان حيث تم وضع كمية من بذور الكتان في بيشر سعة 2000 مل حتى الامتلاء، ثم أُفرغ البيشر من البذور، وبعد ذلك وُضعت الصمونة في مركز البيشر وأُعيدت تعبئته ببذور الكتان حتى غُمرت الصمونة بالكامل ونقيس الزيادة عن2000 مل ونقوم بحساب الحجم.
- **الحجم النوعي (سم^3/غ):** بتقسيم الحجم (سم^3) على الوزن (غ)، حسب طريقة[3] وطريقة [30].
- **مردود الخبيز:** بتقسيم وزن الصمونة على وزن الدقيق حسب طريقة [3].

3-4-التقييم الحسي لعينة الصمون :

تم إجراء التقييم الحسي لعينة الصمون وشملت المعايير المتبعة لتقييم الصمون:

- المظهر الخارجي واللون (لون القشرة وشكل الرغيف)،
- الطعم والنكهة،
- الملمس والطراوة (قساوة العجين، المسامية)،
- القبول العام.

شارك في التقييم لجنة التقيم الحسي في الهندسة الغذائية، وتم تقديم العينات لهم بطريقة عشوائية ومرقمة لتجنب التحيز، وتم تسجيل نتائج التقييم مباشرة على استمارات مخصصة لكل عينة.

3-5-الدّراسة الإحصائيّة:

تمّ إجراء جميع الاختبارات بأخذ ثلاثة مكررات لكل اختبار، والتعبير عن النتائج على أساس المتوسط الحسابي والانحراف المعياري. وتمّ التقييم الإحصائي للنتائج التي تمّ التوصل إليها بواسطة البرنامج الإحصائي Minitab 17 باستخدام تحليل التباين ANOVA وذلك عند قيم $\alpha=0.05$.

4 . النتائج والمناقشة:

4-1 محتوى الرطوبة والنشاط المائي للصمون:

يُظهر الجدول (2) قيم الرطوبة والنشاط المائي لعينات الصمون المدعمة بدقيق الكينوا بنسب (5-30) %خلال التخزين لمدة سبعة أيام في درجة حرارة الغرفة. بينت نتائج الرطوبة وجود فروق معنوية ($P\leq0.05$)بين العينات تبعًا لنسبة الإضافة وفترة التخزين. سُجلت أدنى قيم للرطوبة في عينة الشاهد (30.24% في اليوم الأول و27.85% في اليوم السابع)، في حين ازداد محتوى الرطوبة تدريجياً وبشكل معنوي مع زيادة نسبة الكينوا ليبلغ أعلى قيمة عند مستوى 30% (33.38% في اليوم الأول و32.10% بعد سبعة أيام). وعلى الرغم من انخفاض الرطوبة في جميع العينات خلال التخزين، فإن معدل الفقد كان أقل في العينات المدعمة بالكينوا مقارنة بالشاهد، مما يدل على تحسن القدرة على الاحتفاظ بالماء.

يُعزى ذلك إلى ارتفاع محتوى دقيق الكينوا من الألياف الغذائية والبروتينات ذات السعة العالية للارتباط بالماء، إضافةً إلى خصائص نشائه الوظيفية المختلفة عن نشاء القمح. إذ تمتلك الألياف مجموعات هيدروكسيلية فعالة تمكّنها من تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء، مما يزيد من نسبة الماء المرتبط ويقلل الماء الحر داخل المصفوفة العجينية [15، 22]. كما أن تفاعل الألياف مع مكونات النشاء يؤثر في ديناميكية الجلتنة وإعادة التبلور، ويحدّ من إعادة انتظام سلاسل الأميلوز والأميلوبكتين أثناء التخزين، مما يبطئ عملية ارتداد النشاء (Starch Retrogradation) ، وهي الآلية الرئيسة المسؤولة عن البيات في منتجات المخابز [4، 24].

وتتفق هذه النتائج مع ما أورده [18] و[4] حول دور الكينوا في رفع محتوى الرطوبة وتحسين الثبات الرطوبي وتقليل فقد الماء أثناء التخزين.

أما بالنسبة للنشاط المائي، فقد أظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً في قيم مع زيادة نسبة إضافة الكينوا؛ إذ سجلت عينة الشاهد أعلى القيم (0.839–0.832)، في حين سجلت عينة 30% أدنى القيم (0.822–0.817). ويعكس ذلك انخفاض كمية الماء الحر نتيجة تحوله إلى ماء مرتبط داخل البنية الهيكلية للعجين بفعل الألياف والبروتينات [21، 23]. كما لوحظ انخفاض طفيف في النشاط المائي لجميع العينات بعد سبعة أيام من التخزين نتيجة الفقد الجزئي للرطوبة، إلا أن هذا الانخفاض كان أقل في العينات المدعمة بالكينوا، مما يشير إلى تحسن استقرار الرطوبة وتأخير جفاف المنتج.

وبناءً على ذلك، فإن الآلية الوظيفية المتمثلة في امتصاص الماء والتفاعل البنيوي مع النشاء ترتبط عملياً بتحسين استقرار الرطوبة، خفض النشاط المائي، وإبطاء البيات، مما ينعكس إيجاباً على المحافظة على الطراوة وإطالة العمر التخزيني للصمون، وهو ما يتوافق مع ما أوردته دراسات متعددة حول الدور التكنولوجي للألياف في منتجات المخابز [18، 21، 23].

الجدول (2) قيم الرطوبة والنشاط المائي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الرطوبة (%)		النشاط المائي	
	اليوم الأول	اليوم السابع	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dA}0.98±30.24	^{eB}0.82±27.85	^{aA}0.005±0.839	^{aB}0.004±0.832
5	^{cdA}1.05±30.99	^{dB}0.96±28.94	^{bA}0.004±0.835	^{bB}0.005±0.829
10	^{cA}0.43±31.33	^{cdB}0.75±29.66	^{cA}0.006±0.831	^{cB}0.006±0.826
15	^{bcA}0.96±31.56	^{bcB}1.09±30.03	^{cdA}0.004±0.829	^{cdB}0.004±0.825
20	^{bA}0.37±32.13	^{bB}0.83±30.81	^{dA}0.003±0.827	^{dB}0.006±0.823
25	^{abA}0.93±32.69	^{abB}0.64±31.44	^{deA}0.005±0.825	^{deB}0.003±0.820
30	^{aA}1.11±33.38	^{aB}0.84±32.10	^{eA}0.004±0.822	^{eB}0.007±0.817

* تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

2-4 محتوى الرماد والألياف للصمون:

يُبين الجدول (3) قيم الرماد والألياف لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ، حيث يبيّن جدول (3) وجود زيادة معنوية ($P \leq 0.05$) في قيم الرماد بارتفاع نسبة الإضافة في كل من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين، إذ سجلت عينة الشاهد أقل القيم، في حين حققت عينتا 25 و30% أعلى القيم دون فروق معنوية بينهما، ويعزى ذلك إلى كمية المعادن المرتفعة لدقيق الكينوا واحتوائه على كميات أكبر من العناصر المعدنية مثل الكالسيوم، المغنيسيوم، الحديد، الزنك والبوتاسيوم مقارنة بدقيق القمح، مما ينعكس مباشرة على ارتفاع محتوى الرماد في المنتج النهائي. كما تُظهر

النتائج عدم حدوث تغيرات معنوية في محتوى الرماد مع التخزين لمدة سبعة أيام ضمن نفس نسبة الإضافة، ويمكن تفسير ذلك بأن الرماد يمثل المواد غير العضوية الثابتة التي لا تتأثر بعمليات الفقد الرطوبي أو التغيرات الفيزيائية الحاصلة أثناء التخزين. تتوافق هذه النتائج مع ما ذكر[21] و [16]اللذان أشارا إلى أن تدعيم منتجات الخبز بمصادر غنية بالمعادن مثل الكينوا أو الحبوب الكاملة يؤدي إلى زيادة معنوية في محتوى الرماد دون تأثره بفترات التخزين القصيرة، كما أكد [4] أن ارتفاع نسبة الإضافة هو العامل الرئيس في زيادة الرماد، بينما يبقى تأثير التخزين محدوداً.

توضح نتائج الجدول (3) أن محتوى الألياف في الصمون يزداد بشكل معنوي مع ارتفاع نسبة إضافة دقيق الكينوا، حيث سجلت عينة الشاهد أدنى قيمة للألياف (8.25–8.28%)، بينما وصلت أعلى قيمة للألياف في عينة 30% (12.53–12.56%)، مع اختلاف معنوي واضح بين العينات.هذه الزيادة تُعزى إلى التركيب الغني بالكربوهيدرات غير النشوية(مثل الألياف الغذائية، السكريات البسيطة) والألياف القابلة وغير القابلة للذوبان في الكينوا، والتي تعزز المحتوى الكلي للألياف في المنتج النهائي. كما تشير البيانات إلى أن محتوى الألياف ظل ثابتاً تقريباً خلال فترة التخزين لمدة سبعة أيام، حيث لم تطرأ تغييرات معنوية بين اليوم الأول واليوم السابع، وهو أمر متوافق مع طبيعة الألياف المستقرة كيميائياً، بينما ظهر ارتفاع طفيف ظاهري ناتج عن انخفاض الرطوبة الإجمالي للصمون خلال التخزين. تتوافق هذه النتائج مع[22] فإضافة دقيق الكينوا للخبز تؤدي إلى زيادة محتوى الألياف وتحسن الخصائص الغذائية دون أن تتأثر الألياف بشكل كبير بفترة التخزين القصيرة. كما أكدت [4] أن الألياف الناتجة عن الكينوا تسهم في احتجاز الماء وتحسين طراوة المخبوزات، وهو ما يفسر ثبات الألياف رغم انخفاض الرطوبة الطفيف خلال التخزين.

الجدول (3) قيم الرماد وألياف لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الرماد (%)		الألياف (%)	
	اليوم الأول	اليوم السابع	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{eA}0.06±1.07	^{eA}0.05±1.10	^{fA}0.19±8.25	^{fA}0.11±8.28
5	^{dA}0.09±1.19	^{dA}0.03±1.21	^{eA}0.09±9.23	^{eA}0.15±9.25
10	^{cdA}0.02±1.23	^{cdA}0.08±1.25	^{dA}0.13±10.45	^{dA}0.12±10.46
15	^{cA}0.11±1.29	^{cA}0.12±1.30	^{cA}0.14±10.92	^{cA}0.09±10.94
20	^{bA}0.04±1.48	^{bA}0.05±1.50	^{bA}0.09±11.36	^{bA}0.12±11.38
25	^{aA}0.06±1.75	^{aA}0.11±1.78	^{abA}0.21±11.99	^{abA}0.14±12.02
30	^{aA}0.12±1.99	^{aA}0.04±2.02	^{aA}0.14±12.53	^{aA}0.19±12.56

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

3-4 صلابة الصمون:

يُظهر الجدول (4) قيم الصلابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ، وأظهرت النتائج المبينة في الجدول (4) أن صلابة الصمون ازدادت تدريجياً مع زيادة نسبة إضافة دقيق الكينوا في اليوم الأول وكذلك بعد 7 أيام من التخزين، إذ سُجِّلت أعلى قيم للصلابة عند نسبة إضافة 30% من الكينوا، حيث بلغت 0.64±7.557 نيوتن في اليوم الأول و

0.93±7.889 نيوتن بعد 7 أيام من التخزين. ويُعزى هذا الارتفاع إلى غنى دقيق الكينوا بالبروتينات غير الغلوتينية والألياف الغذائية، التي تساهم في تحسين بنية العجين واحتجاز الماء .فالبروتينات غير الغلوتينية في الكينوا لا تكوّن شبكة غلوتين كما في القمح، لكنها ترتبط بالماء والنشاء والألياف لتشكيل مصفوفة شبه صلبة تحسن تماسك العجين وتقلل تفتت الفتات، مما يؤدي إلى زيادة الصلابة والاستقرار الهيكلي للمنتج النهائي خلال التخزين [4؛15].

من جهة أخرى، لوحظ أن صلابة الصمون ازدادت في جميع العينات خلال فترة التخزين، إلا أن مقدار الزيادة اختلف باختلاف نسبة الإضافة، إذ سجّلت عينة الشاهد أكبر زيادة في الصلابة، حيث ارتفعت من 0.81±5.136 نيوتن في اليوم الأول إلى 0.97±7.591 نيوتن بعد 7 أيام، أي بزيادة قدرها نحو 2.46 نيوتن. في المقابل، كانت الزيادة أقل وضوحاً في العينات المدعّمة بدقيق الكينوا، ولاسيما عند النسب المتوسطة، حيث سجلت عينة 15% أدنى قيمة للصلابة بعد التخزين (0.87±5.319 نيوتن)، ولم تختلف معنوياً عن عينات 5% و10%، مما يشير إلى قدرة الكينوا عند هذه النسبة على إبطاء عملية التراجع خلال التخزين.

يمكن تفسير الزيادة الكبيرة في صلابة عينة الشاهد بظاهرة تراجع النشاء ، التي تكون أكثر وضوحاً في الخبز التقليدي الخالي من الإضافات الغنية بالألياف، في حين تسهم الألياف والبروتينات في دقيق الكينوا في تقليل معدل إعادة تبلور النشاء والحد من فقدان الرطوبة، وبالتالي إبطاء التصلب رغم ارتفاع الصلابة الابتدائية لبعض العينات. وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسات سابقة، والتي أشارت إلى أن إضافة دقيق الكينوا تحسّن الخصائص الميكانيكية للمخبوزات وتؤدي إلى زيادة تدريجية في الصلابة مع ارتفاع نسبة الإضافة، مع تحسين ثبات القوام خلال التخزين عند النسب المتوسطة [18؛21]

الجدول (4) قيم الصلابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الصلابة (N)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dB}0.81±5.136	^{aA}0.97±7.591
5	^{dA}0.93±5.145	^{cA}0.94±5.323
10	^{dA}0.75±5.171	^{cA}0.65±5.369
15	^{cdA}0.74±5.197	^{cA}0.87±5.319
20	^{cB}0.77±5.721	^{bA}0.93±6.023
25	^{bB}0.82 ±7.032	^{aA}0.68±7.351
30	^{aB}0.64±7.557	^{aA}0.93±7.889

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-4-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في وزن الصمون خلال زمن التخزين:

يُوضح الجدول (5) قيم الوزن لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، وأظهرت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في وزن الصمون بين العينات في كلٍ من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين عند درجة حرارة الغرفة، حيث سجّلت عينة الشاهد أقل وزن وأعلى فقدان خلال فترة التخزين، في حين أدت إضافة دقيق الكينوا إلى تقليل فقدان الوزن بشكل واضح. فقد لوحظ أن عينات 5% و10% كينوا أظهرت فقدان وزن

أقل من عينات 20–30%، بينما سجلت عينة 15% أقل فقدان وزن مقارنة بجميع العينات الأخرى، مما يشير إلى وجود نسبة إضافة مثلى لتحسين احتجاز الرطوبة.

ويُعزى هذا السلوك إلى المحتوى المرتفع من الألياف والبروتينات في دقيق الكينوا، والتي تمتلك قدرة عالية على الارتباط بالماء وتحويله من ماء حر إلى ماء مرتبط داخل الهيكل الداخلي للصمون، وقد أظهرت دراسات حديثة أن إضافة الكينوا إلى المخبوزات ترفع من قابلية الاحتفاظ بالماء (Water Holding Capacity) وتحسّن استقرار الرطوبة خلال التخزين مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح فقط [21; 29]كما أن وجود مكونات غير نشوية في الكينوا يحدّ من تأثير تراجع النشاء (starch retrogradation) المسؤول عن فقدان الماء وبيات الخبز أثناء التخزين، الأمر الذي يفسر انخفاض فقدان الوزن في العينات المدعمة بالكينوا مقارنة بعينة الشاهد.

الجدول (5) قيم الوزن لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الإضافة(%)	الوزن (غ)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{dA}1.16±68.93	^{dB}1.08±64.85
5	^{cA}1.23±70.61	^{cB}1.35±67.95
10	^{cA}1.11± 70.94	^{cB}1.11±68.28
15	^{bA}1.09±71.42	^{bB}0.98±68.84
20	^{bA}1.26±72.06	^{bB}1.20±69.25
25	^{aA}1.31±72.89	^{aB}1.13±69.75
30	^{aA}1. 22±73.75	^{aB}1.04±70.44

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-5-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في الحجم لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يُبين الجدول (6) قيم الحجم لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، أظهر الجدول (6) تأثير نسبة الإضافة والزمن على حجم الصمون المخزن. في اليوم الأول، سجلت عينة الشاهد أعلى حجم (2395.24 ± 16.50^{a} سم^{3}) يليه 5% كينوا (2374.89 ± 14.32^{a})، بينما انخفض الحجم تدريجياً مع زيادة نسبة الكينوا، وكان أقل حجم عند نسب 25% و30% (2261.59 ± 26.04^{d} و2245.99 ± 19.37^{d}) يعكس هذا الانخفاض في الحجم الأولي مع ارتفاع نسبة الكينوا ضعفاً نسبياً في بنية شبكة الغلوتين، مما يقلل من قدرة العجين على احتجاز الغازات الناتجة أثناء التخمير، وهو ما لوحظ سابقاً في دراسات تناولت تأثير دقيق الحبوب الخالية من الغلوتين على بنية العجين والأبعاد الحجمية للمخبوزات [20]. عند اليوم السابع من التخزين، لوحظ انخفاض معنوي في الحجم لجميع العينات مقارنة باليوم الأول نتيجة فقدان الرطوبة وترتيب جزيئات النشاء (retrogradation)، والتي تؤدي إلى تقلص بنية الداخلية وانكماش الحجم، ويتفق ذلك مع [28]. ومن الجهة الأخرى، سجلت عينة 15% كينوا أكبر حجم في اليوم السابع (2315.92 ± 17.32^{a} سم^{3}) مقارنة بباقي المعاملات، تلتها 10% و5% (2295.46 ± 15.32^{c} و2285.66 ± 18.22^{c})، مما يدل على أن نسب (10-15)%من الكينوا يمكن أن تعزز ثبات الحجم خلال التخزين بشكل أفضل من النسب العالية أو الشاهد. يعود ذلك إلى أن الألياف والبروتينات في الكينوا يمكن أن تحسن من قدرة الشبكة على الاحتفاظ بالماء المرتبط وتقليل هجرة الرطوبة، مما يحد من تقلص الهياكل الهوائية داخل بنية الصمون [224]. في المقابل، كان لدى العينات ذات نسب الكينوا العالية (25 و30)% انخفاض واضح في الحجم بعد 7 أيام

(2205.73 ± 20.34^{f} و2180.63 ± 18.76^{f})، وهو ما يمكن تفسيره بتأثير زيادة المحتوى غير الغلوتيني في ضعف بنية شبكة العجين وقدرته على احتجاز الهواء والماء مع مرور الزمن، مما أدى إلى تقلص أكبر في الحجم. وقد أظهرت الدراسات أن الزيادة المفرطة في المكونات غير الغلوتينية تسرّع من انهيار البنية وتقلل من الاستقرار الحجمي خلال التخزين [26]. وبالتالي أن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (15%) توفر توازناً جيداً بين المحافظة على الحجم الأولي وتقليل التقلص خلال التخزين، بينما النسب العالية تؤدي إلى فقدان حجمي أكثر وضوحاً، وعينة الشاهد تفقد الحجم الأكبر بسبب غياب العوامل الحابسة للرطوبة.

الجدول (6) قيم الحجم لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

نسبة الأضافة(%)	الحجم (سم^3)	
	اليوم الأول	**اليوم السابع**
عينة الشاهد	^{aA}16.50 ± 2395.24	^{dB}20.32±2240.83
5	^{aA}24.89±23741.43	^{bB}18.22±2285.66
10	^{bA}16.51±2354.72	^{bB}15.32±2295.46
15	^{bA}18.22±2343.69	^{aB}17.32±2315.92
20	^{cA}22.65±2306.12	^{cB}19.36±2265.39
25	^{dA}26.04±2261.59	^{eB}20.34±2205.73
30	^{dA}19.37±2245.99	^{eB}18.76±2180.63

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .
وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-6-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في الحجم النوعي لخبز الصمون خلال الزمن:

يُظهر الجدول (7) قيم الحجم النوعي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم ،حيث أظهرت النتائج في الجدول (7) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في الحجم النوعي بين المعاملات المختلفة في كلا اليومين من التخزين عند درجة حرارة الغرفة. في اليوم الأول، سجلت عينة الشاهد أعلى حجم نوعي (34.76 ± 0.80^{a} سم³/غ مقارنة بالعينات المدعمة بالكينوا، بينما لوحظ انخفاض تدريجي في الحجم النوعي مع زيادة نسبة الكينوا، حيث كانت العينات بنسبة 25-30% الأدنى ($30.45-31.02 \pm 0.70-0.75^{e}$ سم³/غ). يعزى هذا الانخفاض الأولي إلى أن إضافة نسب عالية من الكينوا تؤثر على شبكة الغلوتين وتضعف قدرتها على احتجاز الغازات الناتجة أثناء التخمير، مما يقلل من المسامية والهواء المحبوس داخل العجين، وهو ما أشار إليه [21] حول تأثير الحبوب غير الغلوتينية على بنية العجين وحجم المخبوزات. بعد 7 أيام من التخزين، لوحظ انخفاض الحجم النوعي لجميع العينات نتيجة فقدان الرطوبة وانكماش الفتات الناتج عن تراجع النشاء ، ويتفق ذلك مع [29]. ومع ذلك، أظهرت عينة 15% كينوا أعلى حجم نوعي معنوي (33.65 ± 0.63^{a} سم³/غ) بعد 7 أيام، تلتها العينات 5% و10%، ما يشير إلى أن نسبة إضافة معتدلة من الكينوا توفر أفضل توازن بين الاحتفاظ بالرطوبة والحفاظ على بنية العجين أثناء التخزين. يعود ذلك إلى قدرة الألياف والبروتينات في الكينوا على الاحتفاظ بالماء وتحويله من ماء حر إلى ماء مرتبط داخل الهيكل الداخلي، مما يقلل من معدل فقدان الرطوبة وانكماش الحجم، ويعزز استقرار الحجم النوعي مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح وحده [24; 26]. أما العينات ذات نسب الكينوا العالية (25-30)%، فقد سجلت أدنى قيم حجم نوعي بعد 7 أيام،

مما يعكس تأثير زيادة المحتوى غير الغلوتيني على ضـــعف شـــبكة العجين وعدم القدرة على الاحتفاظ بالهواء والماء مع مرور الزمن، وبالتالي تقلص أكبر في الحجم النوعي، وهو ما تؤكده الدراسات حول المخبوزات الغنية بالحبوب البديلة [20]. نستنتج أن ارتفاع محتوى الرطوبة الناتج عن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (10–15)% ساهم في تحسين الحجم النوعي ووزن العينة خلال التخزين، مقارنة بعينة الشـــاهد والنســـب العالية، مما يدل على قدرة الكينوا على تعزيز الاحتفاظ بالماء داخل بنية العجين والحفاظ على استقرار الصمون المخزن وجودته.

الجدول (7) قيم الحجم النوعي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

نسبة الأضافة(%)	الحجم النوعي (سم³/غ)	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	$^{aA}0.80\pm34.76$	$^{fA}0.55\pm34.54$
5	$^{bA}0.68\pm34.76$	$^{cB}0.70\pm33.63$
10	$^{cA}0.65\pm33.18$	$^{cA}0.64\pm33.61$
15	$^{cA}0.67\pm32.81$	$^{aA}0.63\pm33.65$
20	$^{dA}0.71\pm32.01$	$^{dA}0.67\pm32.71$
25	$^{eA}0.75\pm31.02$	$^{eA}0.68\pm31.63$
30	$^{eA}0.70\pm30.45$	$^{eA}0.66\pm30.97$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .
وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-7-تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مردود لخبز الصمون خلال الزمن:

يُوضح الجدول (8) قيم المردود لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم، وأظهرت النتائج في الجدول (8) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في مردود الخبز لجميع العينات من اليوم الأول واليوم السابع من التخزين عند درجة حرارة الغرفة. في اليوم الأول، سجلت عينة 15% كينوا أعلى مردود (81.50±1.25[a])% ، تلتها عينات 10% و20% (81.22 و81.10)%، في حين كانت عينات الشاهد والنسب العالية من الكينوا (25-30%) الأقل (78.43-79.52) %. هذا يشير إلى أن إضافة الكينوا بنسبة معتدلة تعزز احتجاز الرطوبة أثناء الخبز، حيث تعمل البروتينات والألياف في الكينوا على تحويل الماء من شكل حر إلى ماء مرتبط داخل مصفوفة العجين، مما يقلل فقد الوزن أثناء الخبز ويحسن المردود.

بعد 7 أيام من التخزين، لوحظ انخفاض طفيف في مردود جميع العينات نتيجة فقد الرطوبة وانكماش الفتات الناتج عن تراجع النشاء (starch retrogradation). ومع ذلك، حافظت عينات 15-20% كينوا على أعلى مردود معنوي (80.00-80.04) %، بينما سجلت عينات الشاهد والنسب العالية من الكينوا (25-30%) أقل مردود (77.11-77.51) %. يشير هذا إلى أن الإضافة المعتدلة للكينوا تحسن استقرار الخبز خلال التخزين مقارنة بالعينات الشاهد أو الغنية بالكينوا، إذ توفر شبكة من البروتينات والألياف تحتفظ بالماء داخل الفتات وتقلل من فقدان الوزن مع مرور الوقت.

نستنتج مما سبق إضافة الكينوا بنسبة معتدلة (10–20)% تحسن مردود الخبز بشكل معنوي أثناء الخبز وبعد 7 أيام من التخزين، أما النسب العالية (25–30)% تقلل مردود الخبز بسبب تأثيرها على شبكة الغلوتين وعدم القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، وعينة الشاهد هي الأقل من حيث الاستقرار، ما يؤكد أهمية الإضافات الغنية بالبروتين والألياف لتحسين خصائص الخبز المخزن، وهو ما يتفق مع الدراسات حول تأثير الحبوب البديلة على جودة المخبوزات [24 ;28 ;21].

الجدول (8) قيم مردود الخبيز لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

نسبة الأضافة(%)	مردود الخبيز	
	اليوم الأول	اليوم السابع
عينة الشاهد	^{cA}2.35±79.52	^{dB}1.22±77.51
5	^{bA}1.19±80.91	^{cB}2.37±79.12
10	^{abA}2.01±81.22	^{bcA}2.09±79.89
15	^{aA}1.25±81.50	^{aA}1.31±80.04
20	^{abA}2.31±81.10	^{aA}2.35±80.00
25	^{cA}1.13±78.43	^{dA}1.19±77.25
30	^{cA}1.22±78.49	^{dA}1.22±77.11

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-قيم الدرجة اللونية لخبز الصمون المضاف له نسب مختلفة من الكينوا مع زمن التخزين:

4-8-1تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات اللون للقصرة العلوية لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يبين الجدول (9) قيم اللون للقصرة العلوية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5-10-15-20-25-30)% خلال التخزين (1-7)يوم عند درجة حرارة الغرفة، وأظهرت نتائج الجدول (9) انخفاضاً معنوياً ($P \leq 0.05$) في قيم **L*** بزيادة نسبة إضافة دقيق الكينوا وفي اليوم السابع مقارنة باليوم الأول، مما يدل على ازدياد اسمرار الصمون، ويُعزى ذلك إلى اللون الطبيعي الأغمق للكينوا وارتفاع محتواها من البروتينات والسكريات المختزلة التي تعزز تفاعلات ميلارد أثناء الخبز، إضافة إلى فقدان الرطوبة أثناء التخزين الذي يؤدي إلى تكثف اللون. في المقابل، ارتفعت قيم **a*** و **b*** معنوياً مع زيادة نسبة الإضافة ومع زمن التخزين، مما يشير إلى زيادة درجات الاحمرار والاصفرار، ويُفسر ذلك بتكوّن مركبات الميلانويدين الناتجة عن تفاعلات ميلارد، ووجود الأصباغ الطبيعية في الكينوا مثل الكاروتينات والمركبات الفينولية، فضلاً عن استمرار الأكسدة البطيئة للمركبات اللونية خلال التخزين. وبشكل عام، تُظهر النتائج

أن إضـــافة دقيق الكينوا تؤدي إلى اســـمرار الخبز وتعزيز الاحمرار والاصـــفرار، وتزداد هذه التأثيرات مع الزمن، في حين تُعد نسب الإضافة المتوسطة (10–15%) الأكثر توازناً من حيث تحسـين القيمة الغذائية مع الحفاظ على لون مقبول وثبات لوني أفضـل مقارنة بعينة الشـاهد أو نسب الإضافة العالية، وهو ما يتفق مع [4 ;22].

الجدول (9) قيم اللون للقصرة العلوية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
التخزين / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day
عينة الشاهد	$3.5\pm55.63^{aA}5$	$1.\pm53.10^{aB}99$	$0.\pm13.69^{eB}83$	$0.3\pm14.85^{eA}4$	$1.0\pm29.7^{dB}8$	$0.5\pm30.85^{dA}5$
5	$1.2\pm53.26^{bA}4$	$1.\pm51.22^{bB}10$	$0.\pm17.05^{dB}22$	$0.7\pm18.15^{dA}1$	$0.\pm27.08^{eB}48$	$0.6\pm28.41^{eA}1$
10	$1.1\pm50.06^{cA}8$	$1.\pm48.63^{cB}05$	$0.\pm17.68^{cdB}15$	$0.5\pm18.76^{cdA}1$	$0.\pm29.95^{dB}56$	$0.3\pm31.16^{dA}4$

15	1.4±48.71 $^{dA}8$	1.±47.91 $^{dA}46$	0.±18.20 $^{cB}31$	0.4±19.16 $^{cA}5$	0.±30.17 $^{cB}80$	0.7±31.33 $^{c}5$
20	1.5±48.15 $^{dA}6$	1.±47.26 $^{dA}35$	0.±19.55 $^{bB}32$	0.6±20.47 $^{bA}2$	0.±31.43 $^{bB}34$	0.6±32.67 $^{bA}2$
25	2.2±47.74 $^{dA}1$	1.±47.81 $^{dA}27$	0.±19.70 $^{bB}16$	0.4±20.59 $^{bA}5$	0.±31.71 $^{bB}56$	0.7±32.91 $^{bA}4$
30	1.9±47.63 $^{dA}9$	1.±46.50 $^{eB}69$	0.±20.21 $^{aB}53$	0.3±21.10 $^{aA}3$	0.±32.22 $^{aB}75$	1.0±33.46 $^{aA}3$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-2تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات اللون للقصرة السفلية لخبز الصمون خلال زمن التخزين:

يُبيّن جدول (10) قيم اللون لوجه الصمون السفلي وجود فروق معنوية واضحة ($P \leq 0.05$)بين العينات تبعاً لنسبة إضافة دقيق الكينوا وزمن التخزين، إذ يعكس المؤشر *Lدرجة الإضاءة (السطوع)، حيث سجّلت عينة الشاهد أعلى قيم في اليوم الأول واليوم السابع، مما يدل على لون أفتح، في حين أدّت زيادة نسبة الكينوا إلى انخفاض تدريجي في قيم *L، خاصة عند نسب الإضافة المرتفعة (25–30%) ومع التقدم في زمن التخزين، وهو ما يشير إلى ازدياد قتامة اللون نتيجة احتواء الكينوا على مركبات فينولية وبروتينات وصبغات طبيعية تسهم في تعزيز تفاعلات ميلارد والكرملة أثناء الخَبز. أما المؤشر *a، الذي يدل على الاتجاه نحو اللون الأحمر، فقد

ارتفعت قيمه مع زيادة نسبة الكينوا ومع التخزين، إذ سجلت عينات 25% و30% أعلى القيم، ويُعزى ذلك إلى تكثف تفاعلات ميلارد الناتجة عن ارتفاع محتوى الحموض الأمينية المختزِلة في دقيق الكينوا مقارنة بدقيق القمح. وبالنسبة للمؤشر b*، المعبّر عن الاصفرار، فقد أظهرت النتائج زيادة طفيفة مع ارتفاع نسب الإضافة ومع الزمن، ولا سيما في عينات 25% و30%، ويُفسَّر ذلك بوجود صبغات طبيعية في الكينوا، إضافةً إلى تأثير التخزين الذي يعزز إعادة توزيع الرطوبة وتسارع التفاعلات غير الإنزيمية في الوجه السفلي للصمون، الذي يخضع لدرجات حرارة أقل نسبياً خلال الخَبز، الأمر الذي يجعل التغيرات اللونية فيه انعكاساً مباشراً لتركيب العجين ومكوناته الكيميائية أكثر من كونها ناتجة عن التأثير الحراري المباشر. وتتفق هذه النتائج مع ما أوردته دراسات حديثة حول المخبوزات المدعمة بالكينوا، والتي أكدت أن زيادة نسب الإضافة تؤدي إلى لون أغمق وأكثر ميلاً للأحمر والاصفرار مع التخزين مقارنة بالخبز المصنوع من دقيق القمح فقط، نتيجة لتأثير الكينوا في تفاعلات البنيان اللوني واستقرار اللون أثناء التخزين [29 ;22].

الجدول (10) قيم اللون للقصرة السفلية لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال زمن التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
زمن التخزين / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day
عينة الشاهد	2.±63.38 $^{aA}37$	2.1±61.05 $^{aA}1$	0.19±9.21 ^{dB}	0.2±10.05 $^{dA}8$	1.1±30.16 $^{bB}6$	1.0±31.40 $^{bA}2$
5	3.±59.38 $^{bA}56$	3.0±57.12 $^{bcA}1$	0.4±11.93 $^{cB}3$	0.3±12.85 $^{cA}6$	0.2±28.55 $^{cA}6$	0.7±29.72 $^{cA}9$
10	3.±59.53 $^{bA}43$	2.9±57.86 $^{bA}5$	0.2±12.33 $^{bcB}5$	0.4±13.20 $^{bcA}1$	0.1±28.95 $^{cA}9$	1.6±30.10 $^{bcA}5$
15	2.±59.52 $^{bA}99$	2.6±57.14 $^{bcA}7$	0.5±13.17 $^{abB}3$	0.4±14.05 $^{abA}6$	1.9±29.02 $^{bcA}9$	0.6±30.35 $^{bcA}4$
20	1.±59.63 $^{bA}25$	1.1±57.90 $^{bA}8$	0.2±13.33 $^{abB}4$	0.3±14.22 $^{abA}5$	3.2±29.65 $^{bA}1$	1.9±30.98 $^{bA}7$

25	4.±59.13 $^{bA}02$	2.5±56.88 $^{cA}6$	0.6±13.46 $^{abB}1$	0.5±14.30 $^{abA}2$	2.9±30.63 $^{bB}3$	1.9±31.85 $^{abA}9$
30	1.±58.26 $^{bA}75$	1.4±55.92 $^{cA}9$	0.5±13.54 $^{aB}2$	0.4±14.45 $^{aA}4$	1.3±30.71 $^{bB}5$	2.0±31.95 $^{aA}9$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

4-8-3تأثير إضافة نسبة مختلفة من دقيق الكينوا في مؤشرات لون اللبابة لخبز الصمون خلال الزمن:

توضح قيم *L و *a و *bللّبابة أن اللون يتأثر بشكل واضح بنسبة إضافة دقيق الكينوا وزمن التخزين. المؤشر *L، الذي يعكس درجة السطوع ، سجل أعلى قيمة في عينة الشاهد (2.05±69.67) في اليوم الأول وأقل قيمة في عينة 30% كينوا (1.83±61.94)، مما يشير إلى أن إضافة الكينوا تؤدي إلى اسمرار تدريجي للبابة. هذا الانخفاض في السطوع يزداد مع التخزين، إذ تقل قيم *Lلجميع العينات بعد 7 أيام، وهو ما يُعزى إلى فقدان الرطوبة الجزئي وتفاعلات ميلارد البطيئة بين البروتينات والسكريات المختزلة في الكينوا، والتي تؤدي إلى تكوّن صبغات بنية داخلية.

أما المؤشر *a، الذي يعبر عن الميل للّون الأحمر، فقد أظهر زيادة واضحة مع زيادة نسبة الكينوا ومع الزمن، إذ انتقل من 0.08±1.20 في عينة الشاهد إلى 0.25±2.44 في عينة 30% كينوا

في اليوم الأول، ووصل إلى 2.55±0.28 بعد 7 أيام. هذا يعكس زيادة الاحمرار المرتبط بالمركبات الناتجة عن تفاعلات ميلارد، ويعكس تأثير البروتينات والأحماض الأمينية والسكريات في دقيق الكينوا.

بالنسبة للمؤشر *b، الذي يمثل الميل للون الأصفر، فقد ارتفعت القيم أيضاً مع زيادة نسبة الكينوا وزمن التخزين، إذ سجلت عينة الشاهد 19.27±0.29 في اليوم الأول مقابل 21.58±1.03 في عينة 30% كينوا. يُعزى ذلك إلى وجود أصباغ طبيعية مثل الكاروتينويدات في الكينوا، بالإضافة إلى تركيز المواد الصلبة أثناء فقد الرطوبة في التخزين، مما يرفع من الاصفرار.

بشكل عام، توفر نسب الكينوا المتوسطة (10–15)% لوناً متوازناً للّبابة مع ثبات نسبي خلال 7 أيام، في حين تسبب النسب العالية (25–30) %اسمراراً واحمراراً أكبر، وهو أمر مهم عند تقييم القبول الحسي للمخبوزات. تتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه الدراسات الحديثة، حيث أظهرت أن إضافة الكينوا إلى المخبوزات تؤدي إلى اسمرار اللبابة وزيادة الاحمرار والاصفرار مع الزمن نتيجة لمحتوى البروتينات والفينولات وارتباطها بتفاعلات ميلارد [28 ;21].

الجدول (11) قيم اللون اللبابة لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة خلال التخزين

قيم اللون	L*		a*		b*	
التخزين. / نسبة الأضافة (%)	1day	7day	1day	7day	1day	7day

عينة الشاهد	2.±69.67 $^{aA}05$	1.±68.10 $^{aA}95$	0.0±1.20 $^{dA}8$	0.0±1.38 $^{dB}7$	0.±19.27 $^{dA}29$	0.±19.95 $^{dB}35$
5	1.±69.48 $^{aA}72$	1.±68.05 $^{aA}60$	0.1±1.69 $^{cA}1$	0.1±1.85 $^{cB}0$	0.±20.09 $^{cA}95$	0.±20.72 $^{cA}78$
10	1.±69.34 $^{aA}59$	1.±67.85 $^{aA}55$	0.2±1.73 $^{cA}1$	0.1±1.90 $^{cB}8$	1.±20.22 $^{cA}74$	1.±20.85 $^{cA}60$
15	1.±68.08 $^{bA}06$	1.±66.55 $^{bA}12$	0.0±1.79 $^{bcA}9$	0.0±1.90 $^{bcA}9$	1.±20.34 $^{cA}22$	1.±20.98 $^{cA}15$
20	2.±64.01 $^{cA}11$	2.±62.50 $^{cA}05$	0.1±1.92 $^{bA}8$	0.1±2.14 $^{bB}7$	0.±21.55 $^{bA}97$	0.±22.20 $^{bA}90$
25	1.±63.35 $^{cA}99$	1.±61.85 $^{cA}80$	0.2±2.14 $^{bA}2$	0.2±2.30 $^{bA}0$	1.±21.56 $^{bA}15$	1.±22.51 $^{bA}18$
30	1.±61.94 $^{dA}83$	1.±60.45 $^{dA}73$	0.2±2.44 $^{aA}5$	0.2±2.55 $^{aA}8$	1.±21.58 $^{bA}03$	1.±22.87 $^{bB}05$

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين.

4-9 التقييم الحسي للصمون:

يُوضح الجدول (12) التقيم الحسي لعينات الصمون بإضافة دقيق الكينوا بنسب مختلفة (5–10–15–20–25–30)% ،و أظهرت نتائج التقييم الحسي في الجدول (12) أن إضافة دقيق الكينوا بنسبة منخفضة (5–15%) لم تؤثر بشكل كبير على صمون القمح، حيث سجلت عينة 10% على سبيل المثال: النكهة 9.44 ± 0.84، الطعم 39.22 ± 0.45، اللون 9.52 ± 0.86، الطراوة 19.22 ± 0.55، والتقييم العام 19.60 ± 0.71، والمجموع الكلي 97 من 100، وهو قريب جدًا من عينة الشاهد (97.96). أما عند زيادة نسبة الكينوا إلى 20–30%، لوحظ انخفاض واضح في جميع المؤشرات الحسية؛ فمثلاً عند 30% كانت النكهة 4.26 ± 1.96، الطعم 28.63 ± 1.85، اللون 5.08 ± 1.96، الطراوة 13.21 ± 1.79، والتقييم العام 13.42 ± 1.89، والمجموع الكلي 64.6، مما يعكس تأثير النكهة المرة للكينوا، وتغير اللون إلى الداكن وزيادة صلابة المنتج، وبالتالي انخفاض القبول الحسي ، وهذا يتفق مع دراسات المرجعية [15 ;21 ;4] يمكن الاستنتاج أن إضافة الكينوا بنسبة ≤15% تحافظ على الخصائص الحسية للصمون، بينما نسب ≥20% تقلل من القبول الحسي بشكل ملحوظ.

الجدول (12)التقييم الحسي لعينات الصمون المضاف لها دقيق الكينوا بنسب محتلفة

مؤشر التقييم		النكهة	الطعم	اللون	الطراوة	التقيم العام	المجموع
نسبة الأضافة (%)	قيمة المؤشر زمن التخزين (يوم)	10	40	10	20	20	100
الشاهد	1	0.±9.27 $^{Aa}11$	0.±39.24 $^{Aa}74$	0.±9.83 $^{Aa}45$	0.1±19.72 $^{Aa}3$	0.±19.63 $^{Aa}35$	$^{Aa}97.96$
	7	0.±8.44 $^{Ba}26$	0.±38.14 $^{Ba}96$	0.±9.52 $^{Aa}41$	0.6±18.42 $^{Ba}7$	0.±18.51 $^{Ba}56$	93.0 $^{Ba}3$
5	1	0.±9.45 $^{Aa}55$	0.±39.22 $^{Aa}84$	0.±9.61 $^{Aa}55$	1.8±19.28 $^{Aa}3$	^{Aa}0.55±19.60	$^{Aa}97.16$
	7	0.±9.07 $^{Aa}64$	1.±37.94 $^{Ba}11$	0.±9.37 $^{Aa}64$	1.2±17.92 $^{Ba}3$	0.±18.23 $^{Ba}72$	92.5 $^{Ba}3$
10	1	0.±9.44 $^{Aa}84$	0.±39.22 $^{Aa}45$	0.±9.52 $^{Aa}86$	0.5±19.22 $^{Aa}5$	0.±19.60 $^{Aa}71$	$^{Aa}97$
	7	0.±9.10 $^{Aa}96$	0.±37.82 $^{Ba}84$	0.±9.23 $^{Aa}91$	0.7±17.83 $^{Ba}1$	0.±18.10 $^{Ba}81$	92.0 $^{Ba}8$

15	1	0.±9.44 Aa91	0.±39.12 Aa87	0.±9.50 Aa99	1.0±19.19 Aa5	1.±19.58 Aa11	96.8 Aa3
	7	1.±8.96 Aa08	1.±37.53 Ba09	1.±9.11 Aa06	1.1±17.63 Ba4	1.±17.91 Ba26	91.1 Ba4
20	1	1.±9.05 Ba55	1.±31.61 Ab21	1.±9.53 Aa32	1.4±18.54 Ab2	1.±19.13 Ab32	Ab87. 86
	7	1.±8.47 Bb62	1.±30.29 Bb42	1.±9.06 Aa44	1.6±17.26 Bb3	1.±17.53 Bb47	82.6 Bb1
25	1	1.±7.26 Ac65	1.±30.43 Ab95	1.±7.14 Ab32	1.4±15.31 Ac6	1.±16.13 Ac89	7.27 Ac7
	7	1.±6.96 Ac82	2.±28.91 Bb14	1.±6.88 Ab53	1.7±14.22 Bc3	2.±15.04 Bc01	72.0 Ac1
30	1	1.±4.26 Ad96	1.±28.63 Ac85	1.±5.08 Ac96	1.7±13.21 Ad9	1.±13.42 Ad89	64.6 Ad
	7	1.±3.99 Ad89	2.±26.97 Bc13	2.±4.69 Ac08	1.9±12.29 Bd1	2.±12.51 Bd04	60.4 Bd5

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين نسب الإضافة عند مستوى ($P \leq 0.05$) .

وتشير الأحرف الكبيرة المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين فترتي التخزين.

5 – الاستنتاجات والتوصيات:

5-1 الاستنتاجات:

1. أدت إضـــافة دقيق الكينوا إلى صـــمون القمح إلى تحســـين الخصـــائص الفيزيائية والكيميائية، حيث زاد محتوى الرطوبة تدريجياً مع ارتفاع نســـبة الكينوا، مع انخفاض

طفيف أثناء التخزين، ما يعكس قدرة الكينوا على تحسين احتجاز الماء بفضل محتواها العالي من الألياف والبروتينات والنشا غير التقليدي.

2. انخفض النشاط المائي (a_w) مع زيادة نسبة الكينوا، مما يشير إلى تحويل الماء الحر إلى ماء مرتبط داخل بنية العجين وتحسين ثبات الرطوبة أثناء التخزين.
3. ارتفعت محتويات الرماد والألياف مع زيادة نسبة الإضافة، دون تغير معنوي خلال التخزين، مما يعكس التحسين الغذائي الناتج عن الكينوا.
4. ازدادت صلابة الصمون مع زيادة نسبة الكينوا، وسجلت عينة 30% أعلى قيمة، بينما شهدت عينة الشاهد أكبر زيادة في الصلابة خلال التخزين نتيجة تراجع النشاء، مما يوضح دور الكينوا في تحسين الخصائص الميكانيكية وتقليل بيات الخبز.
5. حافظت نسب الإضافة المعتدلة (10–15) %على الخصائص الحسية، الحجم والحجم النوعي، والمردود، بينما النسب العالية (≤20%) أدت إلى انخفاض هذه المؤشرات نتيجة ضعف شبكة الغلوتين.
6. لوحظ تأثير واضح على لون القصرة واللبابة، إذ ازدادت قيم a* وb* وانخفضت L* مع ارتفاع نسبة الكينوا وزمن التخزين، ما يعكس اسمرار الصمون وزيادة الاحمرار والاصفرار نتيجة تفاعلات ميلارد ومحتوى الكينوا من أصباغ طبيعية وفينولات، مع ثبات نسبي للنسب المتوسطة (10–15) %خلال التخزين.

5-2التوصيات:

1. استخدام نسبة معتدلة من دقيق الكينوا (10–15)% عند تصنيع صمون القمح لتحقيق توازن بين التحسين الغذائي والحفاظ على الخصائص الحسية والميكانيكية.
2. دراسة تأثير إضافة الكينوا على مدة صلاحية الصمون لفترات أطول من التخزين (أكثر من 7 أيام) لمعرفة استقرار الرطوبة والملمس والطعم على المدى الطويل.

3. توجيه المخابز لانتاج الصـــمون المدعم بدقيق الكينوا التي أثبتت الدراســـات الســـابقة ملاءمتها(20%>) ، و طرحه في الأسـواق المحلية و التثقيف الصـحي لأهمية تناول هذا الصمون أو انتاجه
4. يوصـــى بزيادة فترة التخزين في الدراســات اللاحقة، لضـمان تتبع منحنى البيات (Lag Phase)بشـــكل كامل وتوصـــيف ديناميكية النمو الميكروبي بدقة أعلى عبر مراحل المختلف.

6المراجع :

6-1المراجع العربية:

1. عبد المجيد، عبد الله. جلال، فضل. خالد، عساج (2016). **خصائص الدقيق وجودة الخبز الناتج من خلط دقيق الكينوا بدقيق القمح**، قســـم علوم وتقنية الأغذية، كلية الزراعة، جامعة صنعاء، اليمن.
2. المواصفة القياسية السورية. (2002). **دقيق القمح – المواصفة القياسية السورية رقم 192. دمشق، الجمهورية العربية السورية.**

6-2المراجع الأجنبية:

3. AACC International. (2010). **Approved methods of analysis** (11th ed.). AACC International.
4. Ahmed, J., Almusallam, A. S., Al-Salman, F., Abdulrahman, M. H., & Al-Salem, E. (2020).**Rheological properties of wheat flour dough and quality of bread supplemented with quinoa flour**. Journal of Food Science and Technology, 57(10), 3799–3808.
5. Al-Dmoor, H. M. (2013). **Effect of baking method on the quality characteristics of Arabic bread**. Journal of Food Science and Technology, 50(4), 702–710. \
6. Alomari, D. Z., Abdul-Hussain, S. S., & Al-Dmoor, H. M. (2012). **Water activity and shelf life of flat and Arabic bread**. International Journal of Food Properties, 15(4), 786–798.

7. Alomari, D. Z., Hallab, M., & Al-Dmoor, H. M. (2018). **Quality characteristics of Samoon and Arabic bread as affected by formulation and processing conditions**. Journal of Food Processing and Preservation, 42(3), e13529.
8. AOAC International. (2016). **Official methods of analysis** (20th ed.). AOAC International.
9. Bentley, A. (2013). **Texture analysis of bakery products**. In S. Clark et al. (Eds.), Food texture design and optimization (pp. 245–270). Wiley-Blackwell.
10. Chopin Technologies. (2013). **Mixolab applications handbook**. Chopin Technologies.
11. Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). **Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour**. Journal of Cereal Science, 59(1), 41–47.
12. Eliseeva, L. G., Kokorina, D. S., Zhirkova, E. V., Nevskaya, E. V., Goncharenko, O. A., & Othman, A. J. (2021, February). **Using functional quinoa ingredients for enhancing the nutritional value of bakery products**. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 640, No. 2, p. 022072). IOP Publishing.
13. Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. R. (2017).**Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(8), 1618–1630.

14. Gómez, M., Rosell, C. M., & Abu-Ghannam, N. (2012). **Breadmaking performance and wheat bread quality of pigmented and non-pigmented quinoa flours**. Food and Bioprocess Technology, 5, 2890–2899.
15. Gujral, H. S., Rosell, C. M., & Sharma, P. (2013). **Effect of hulless barley bran on rheological and quality characteristics of chapatti**. Journal of Cereal Science, 58(3), 390–396.
16. Gujral, H. S., Sharma, P., Kumar, A., & Singh, B. (2013). **Effect of hydrocolloids, emulsifiers and fibers on the quality characteristics of bread. Journal of Food Science and Technology, 50**, 1–8.
17. Hadnadev, T. D., Pojić, M. M., Hadnadev, M. S., & Torbica, A. M. (2019). **Rheological, textural, and sensory properties of bread supplemented with alternative flours**. Journal of Texture Studies, 50(2), 124–135.
18. Hoseney, R. C. (1994). **Principles of Cereal Science and Technology (2nd ed.)**. American Association of Cereal Chemists.
19. Hussein, A. M. S., Kamil, M. M., Hegazy, N. A., & El-Nor, S. A. H. (2012). **Effect of wheat flour substitution with barley and rice flour on the quality of bread**. Journal of Applied Sciences Research, 8(7), 3710–3720.

20. Mironeasa, S., & Codina, G. G. (2018). **Effects of non-gluten flours addition on dough rheology and bread quality**. Journal of Cereal Science.

21. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **Composite flours based on wheat and quinoa: Effects on bread quality, moisture distribution, and storage stability**. International Journal of Food Science & Technology, 57(6), 3602–3612.

22. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **Effect of quinoa flour addition on wheat bread quality, antioxidant properties, and starch digestibility**. Food Chemistry, 366, 130565.

23. Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2022). **The effect of quinoa flour addition on dough rheology and bread quality**. **Foods**, **11**(3), 1–15.

24. Rosell, C. M., et al. (2019). **Impact of fiber and protein on water retention and gas holding in composite flours**. **Food Hydrocolloids**.

25. See, E. F., Wan Nadiah, W. A., & Noor Aziah, A. A. (2007). **Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour**. ASEAN Food Journal, 14(2), 123–130.

26. Shewry, P. R., Halford, N. G., & Belton, P. S. (2020). **Non-gluten functional ingredients in bakery products: Impacts on structure and quality**. Journal of Cereal Science, 95, 102997.

27. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010).**Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(15), 2541-2547.
28. Wang, X., Lao, Y., & Zhang, Y. (2022). **Effects of storage conditions on textural and structural changes in wheat bread breading additives**. Food Bioscience.
29. Wang, X., Lao, Y., Zhang, Y., & Li, Y. (2022). **Effect of pseudocereal flour addition on moisture retention, staling, and quality characteristics of wheat bread during storage**. Food Bioscience, 48, 101782.
30. Wu, K., Sung, W. and Yang, C. (2009). **Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation**. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 17, No. 1. pp 13-22.

دراسة تأثير بعض مواصفات أقمشة المناشف قبل وبعد الصباغة على خصائص الامتصاص

م. يعرب اليوسف [1*] د. يوسف إبراهيم [1]

[1] قسم هندسة الغزل والنسيج، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة حمص، سوريا

ملخص

تعتبر أقمشة المناشف (قماش تيري) من أهم تطبيقات الأقمشة الوبرية، حيث يمكن استخدامها في الحمام والرياضة والمطبخ والشاطئ وغيرها، وذلك لما تتميز به هذه الأقمشة من امتصاص عالي للماء. إلا أن دراسة خصائص الامتصاص لأقمشة المناشف لا يزال يمثل تحدياً بسبب بنية الوبر الخاصة لأقمشة المناشف والتي تسبب اختلافات واضحة في خصائص السطح والبنية.

في هذا البحث تم التطرق إلى فهم العوامل المؤثرة على الخصائص المتعلقة بالامتصاص لأقمشة المناشف، ودراسة تأثير تغير كثافة الخيوط على خصائص الامتصاص لهذه الأقمشة قبل وبعد عمليات الصباغة. وأظهرت النتائج أن عمليات الصباغة تؤثر بشكل إيجابي على أقمشة المناشف (تيري)، حيث تؤدي إلى تحسن واضح في خصائص الامتصاص مقارنة بالعينات الغير مصبوغة، من حيث: الامتصاص الساكن والديناميكي والسطحي، وسرعة نقل السائل. كما أظهرت أن كثافة خيوط اللحمة تؤثر بشكل جوهري على خصائص امتصاص أقمشة تيري أيضاً، ووجد أنه بزيادة كثافة خيوط اللحمة تزداد نسبة الامتصاص الساكن والديناميكي، وزمن الغمر. بالنتيجة فإن ضبط هذه المتغيرات أثناء التصنيع سيساهم في تصميم منتجات تلبي احتياجات المستخدمين بكفاءة أعلى.

كلمات مفتاحية: أقمشة المناشف (تيري)، الامتصاص الساكن، الامتصاص الديناميكي، الصباغة.

Study of the Effect of Certain Towel Fabric Properties Before and After Dyeing on Absorption characteristics

Abstract

Towel fabrics (terry fabric) are considered among the most important applications of pile fabrics, as they can be used in bathrooms, sports, kitchens, beaches, and others, due to their high water absorbency. However, studying the absorption properties of towel fabrics remains a challenge because of the special pile structure of towel fabrics, which causes clear variations in surface and structural properties.

In this research, the factors affecting the absorption-related properties of towel fabrics were addressed, and the effect of changes in yarn density on the absorption properties of these fabrics before and after dyeing processes was studied. The results showed that dyeing processes positively affect towel fabrics (terry), leading to a clear improvement in absorption properties compared to undyed samples, in terms of: static absorption, dynamic absorption, surface absorption, and liquid transfer rate. It was also shown that weft yarn density significantly affects the absorption properties of terry fabrics as well. It was found that with an increase in weft yarn density, the percentage of static and dynamic absorption and the immersion time increase. Consequently, controlling these variables during manufacturing will contribute to designing products that meet users' needs more efficiently.

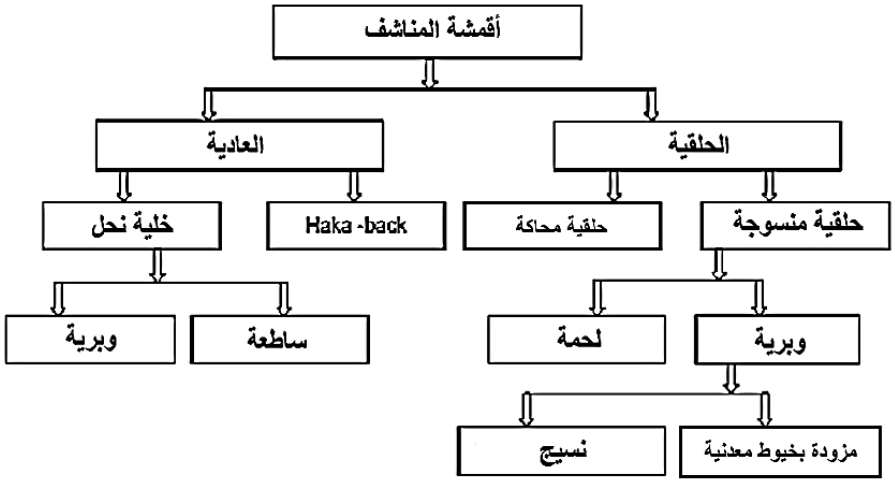
Keywords: Terry fabrics, static absorption, dynamic absorption, Dyeing.

1. مقدمة:

تمثل الأنسجة الوبرية قطاعاً واسعاً من قطاعات إنتاج الأقمشة لما لها من أهمية في تغطية العديد من التطبيقات المطلوبة لدى المستهلك. تنتج الأقمشة الوبرية (ذات الحلقات) باستخدام تقنيات النسيج أو الحياكة، حيث تشارك ثلاث مكونات مختلفة من الخيوط في إنتاج الأقمشة الوبرية [1][2]. وتعتبر أقمشة المناشف من أهم تطبيقات الأقمشة الوبرية، حيث يمكن استخدامها في الحمام والرياضة وحمام السباحة والمطبخ والشاطئ وغيرها. تتميز هذه الأقمشة بامتصاص عالي للماء، وتعتمد القدرة الاستيعابية للامتصاص في الغالب على المادة (نوع الألياف، نوع الخيوط) وبعض المتغيرات البنيوية (ارتفاع الوبر وكثافة اللحمة والسداء) [3][4].

المناشف أو أقمشة تيري Terry Fabrics عبارة عن أقمشة تحوي حلقات (أنشوطة Loop) على السطح، إما على جانب واحد أو جانبين من القماش، ويمكنها امتصاص كمية كبيرة من الماء مقارنة بالقماش المنسوج التقليدي [5]. يتم إنتاج هذه الأقمشة من خلال ثلاثة أنظمة من الخيوط: خيوط السداء الأرضية، وخيوط السداء الوبرية، وخيوط اللحمة [6] وكلمة "تيري" تأتي من الكلمة الفرنسية TIRER والتي تعني "سحب"، وهي تشير إلى حلقات الوبرة المسحوبة يدوياً لتشكل أقمشة ماصة للماء [7][8].

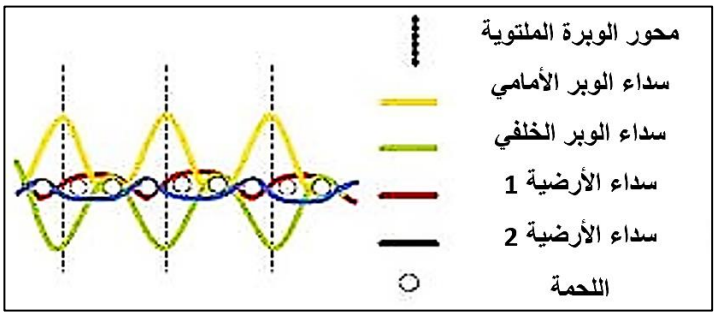
يتم تصنيف أقمشة المناشف في فئتين أساسيتين: حلقية وعادية. الشكل (1) يوضح التصنيف الشائع لهذه الأقمشة [9].



الشكل (1): تصنيف أقمشة المناشف [9]

يصنع هذا النوع من الأقمشة من مواد أولية مختلفة أكثرها استخداماً هو القطن، بالإضافة إلى القنب، والفيسكوز وغيرها [10].

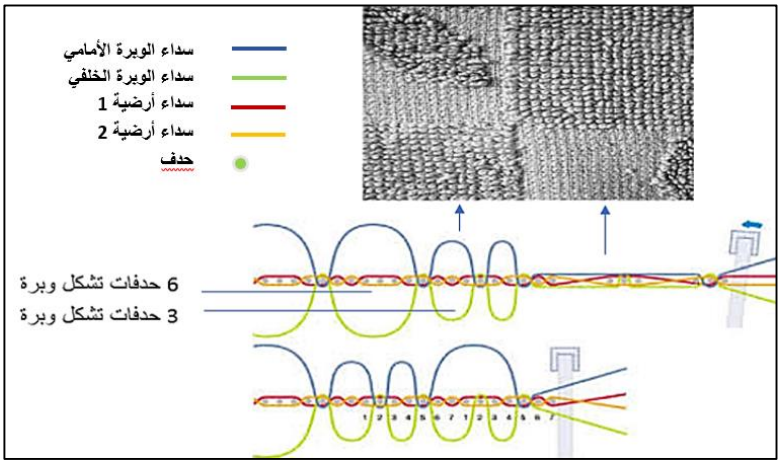
تتلخص نظرية تشكيل الوبرة في قماش تيري من خلال إيجاد مسافة بين نقطة الضم وبين خيطين متتاليين من اللحمة، حيث يتوقف طول هذه المسافة على مقدار ارتفاع الوبرة المطلوب، وبعد قذف خيط اللحمة الثالث يتم ضم خيوط اللحمة الثلاث إلى نقطة الضم الأصلية للقماش. وأثناء الضم تنزلق هذه الخيوط الثلاث بين خيوط سداء الأرضية المشدودة بقوة على نول النسيج. إذا تكونت تشييفة سداء الوبرة في سطح القماش تكون الحلقات في وجه القماش وبالعكس [11].



الشكل (2): المقطع العرضي لوبرة مشكلة عن طريق خيوط السداء

من حيث طريقة تشكيل الحلقات، يوجد طريقتين لتشكيل أقمشة المناشف المنسوجة: الوبرة الملتوية، ووبرة اللحمة [9].

في الوبرة الملتوية يتم لف الحلقات بشكل طولي عبر القماش، ويتطلب تشكيلها مجموعتين من خيوط السداء، وهما سداء الوبرة والأرضية، بالإضافة إلى مجموعة واحدة من خيوط اللحمة. أما في وبرة اللحمة يتم استخدام سلسلتين من خيوط اللحمة وسلسلة واحدة من خيوط السداء لتشكيل الأقمشة، بحيث أن خيوط اللحمة هي التي تشكل الحلقات [9].



الشكل (3): كيفية تغير كثافة وارتفاع الوبرة الملتوية (أنشوطة) عند التصنيع

بالنسبة لخصائص أقمشة المناشف (تيري)، تعتبر الامتصاصية خاصية فيزيائية مهمة من حيث أدائها الوظيفي في هذه الأقمشة، حيث يجب أن يبلل السائل سطح الألياف قبل نقله عبر مسام الألياف الداخلية عن طريق الخاصية الشعرية. تعد كمية الماء الممتصة أو امتصاص الماء الساكن بواسطة قماش تيري مهماً لاستخدامه النهائي. ومع ذلك فإنه لا يعطي أي فكرة عن مدى سرعة امتصاص قماش تيري للماء، أو كيف يتغير امتصاص الماء بمرور الوقت. يُعرف هذا الجانب من امتصاص الماء بمعدل امتصاص الماء الديناميكي وهو مهم أيضاً من الناحية العملية [12].

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على أداء الامتصاص في أقمشة تيري وهي: نوع الغزل، نوع الوبرة (ملتوية–مقصوصة)، كثافة وارتفاع الوبرة، مسامية القماش [12]. ومن أهم الخصائص التي يتم دراستها عادة في هذه الأقمشة: الامتصاص الساكن والديناميكي، وزمن الغمر، والامتصاص السطحي [5]، والفتل العمودي [6]، واختبار القطرة [9]، والغسيل [12]، وذلك وفقاً لمواصفات قياسية معتمدة عالمياً.

يعد أيضاً الشعور بالراحة هدف أساسي للأشخاص الذين يستخدمون أقمشة المناشف. حيث يجب أن يكون القماش خفيفاً، وجافاً، وناعماً. لذا دُرست بعض الخصائص المتعلقة بهذه المتطلبات والتي تشمل نقل الحرارة والرطوبة، ونفاذية الهواء، والقدرة على الاحتفاظ بالحرارة، وتشكيل الكهرباء الساكنة، وسرعة نقلها للسائل [13]. كما يعتبر ملمس الأقمشة خاصية مهمة أيضاً ضمن خصائص راحة هذه الأقمشة، وإن القدرة على فهم وقياس الخصائص اللمسية للمنسوجات يمكن أن توفر مزايا كبيرة للمنتجين [14].

في عام 2020 قام Hüseyin بدراسة ميول الامتصاص لأقمشة المناشف فيما يتعلق بنوع الألياف. تم تقييم أقمشة المناشف المصنوعة من 100% قطن و(70% قطن و30% خيزران) من حيث خصائص الراحة والفتل والسقوط والغمر ونفاذية الهواء، وأظهرت النتائج ميل نسيج (قطن – الخيزران) ذو الوزن المنخفض إلى أعلى قيمة للامتصاص السطحي، بينما القطن 100% كان أقل زمناً للغمر وأكبر نفاذية للهواء [9].

في عام 2023 قام Navruz Üdürgücü وآخرون بدراسة تأثير بعض خصائص الوبر (نسبة الوبر إلى الأرضية، ونوع الغزل، وحالة استخدام خيوط الوبر الملتوية والمقصوصة) على قابلية امتصاص الماء والملمس ومظهر السطح لأقمشة تيري، وتم إجراء عمليات غسيل على المناشف. أظهرت النتائج أن خصائص الوبر المدروسة كانت ذات أهمية متفاوتة على قابلية امتصاص الماء والملمس ومظهر السطح في حين أن تأثيراتها لم تكن حاسمة على التغير في أبعاد المناشف [15].

في عام 2024 قامت Nazlı Üren بدراسة الراحة اللمسية لمناشف تيري المصنوعة من القطن والمخاليط. تم استخدام محلل الإحساس اللمسي Tactile Sensation Analyzer (TSA) – وهو جهاز قياس متعدد الوظائف طورته شركة Emtec Electronic GmbH الألمانية حيث

يقوم بتوصيف خصائص السطح والخصائص الميكانيكية للقماش عند تطبيق إجهاد منخفض من خلال قياس التشوه – لتحديد خصائص السطح والخصائص الميكانيكية للأقمشة. إضافة إلى إجراء تحليل حسي Touch Hand (TH) للأقمشة من قبل مقيمين خبراء، وكشفت نتائج الدراسة أن الخصائص الميكانيكية السطحية ومنخفضة الإجهاد المقاسة باستخدام محلل الإحساس اللمسي كانت مرتبطة بقوة وبشكل كبير بنتائج التقييم الحسي بشكل عام [14]. كما قام Rayxan Orazbayeva في عام 2025 بتلخيص الزخارف والألوان المستخدمة في تراكيب المناشف، مع التوصية باستخدام التركيبات المبتكرة الموجودة في تصميم أقمشة المناشف الريشية، مع مراعاة إمكانيات إنتاجها [16].

بالرغم من الاهتمام المتزايد، فإن فهم خصائص الامتصاص لأقمشة المناشف لا يزال يمثل تحدياً بسبب بنية الحلقة (الوبرة) الخاصة لهذه لأقمشة وبنية قماش المناشف والتي تخلق اختلافات واضحة في خصائص السطح والخصائص الميكانيكية، نظراً لأن عدداً كبيراً من أدوات الاختبار صُممت بشكل أساسي لقياس الهياكل المنسوجة التقليدية، فقد تقع أقمشة المناشف الوبرية خارج النطاق القابل للقياس للعديد من الأجهزة. وبالتالي قد لا يكون من الممكن تحديد خصائص هذه المنتجات النسيجية بدقة باستخدام أدوات وأجهزة الاختبار الشائعة.

1. هدف البحث:

يهدف البحث إلى فهم وتحديد تأثير كثافة خيوط اللحمة المشكلة لصف الوبرة على الخصائص المختلفة المتعلقة بالامتصاص لأقمشة المناشف، وذلك قبل وبعد عمليات الصباغة.

2. المواد والطرق:

2.1. المواد المستخدمة في البحث:

– مجموعتين من أقمشة المناشف (البشكير) قطن 100%:

- المجموعة الأولى: أقمشة مناشف خام تختلف بكثافة خيوط اللحمة.
- المجموعة الثانية: أقمشة مناشف مصبوغة تختلف بكثافة خيوط اللحمة.

– ماء مقطر

2.2. الأجهزة:

– ميزان مخبري: بدقة 0.0001.

– جهاز مقاومة الأقمشة للبلل:

موجود في مخبر النسيج – جامعة حمص، يتألف الجهاز من حامل شاقولي توضع عليه قاعدة لتثبيت القمع وأنبوب مطاطي يصل القمع بالرشاش، بالإضافة إلى ماسك القماش (العينة) الذي يميل عن القاعدة بزاوية 45 درجة. كما يحوي الرشاش على عدد من الثقوب قطر الثقب الواحد 0.9 ملم.

2.3. طريقة وخطوات البحث:

أجري البحث وفقاً للخطوات التالية:

- تحليل العينات واختيارها
- إجراء اختبارات الامتصاص وتشمل:
  - قياس الامتصاص الساكن
  - قياس الامتصاص الديناميكي
  - قياس الامتصاص السطحي
  - قياس زمن الغمر

- اختبار القطرة
- سرعة نقل السائل
- مناقشة النتائج

2.3.1. تحليل العينات:

استخدم في هذه الدراسة مجموعتين من أقمشة المناشف، كل مجموعة تتضمن 3 عينات مختلفة بكثافة خيوط اللحمة. تم إجراء تحليل لهذه العينات بالاستعانة بالشركة المصنعة لها. مواصفات الأقمشة المدروسة موضحة في الجدول (1).

الجدول (1): نتائج تحليل مواصفات الأقمشة المدروسة

المجموعة		الأولى (خام)			الثانية (مصبوغ)		
العينة		1	2	3	1	2	3
التركيب النسيجي		ممتد باتجاه السداء 2/1			ممتد باتجاه السداء 2/1		
نوع الغزل		حلقي	حلقي	حلقي	حلقي	حلقي	حلقي
نمرة السداء Nm		10	10	10	10	10	10
نمرة اللحمة Nm		16/1	16/1	16/1	16/1	16/1	16/1
	أرضية	11	11	11	11	11	11

كثافة السداء (خيط/سم)	وبرة	11	11	11	11	11	11
كثافة اللحمة (خيط/سم)		15	16	18	15	16	18
كثافة الوبرة (صف وبرة/سم)		5	16/3	6	5	5.3	6
ارتفاع الوبرة (mm)		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
وزن المتر المربع g/m^2		513	550	620	411	777	830

نوع الوبرة في جميع العينات ملتوية (غير مقصوصة)، على وجهين. كل 3 خيوط لحمة تشكل صف وبرة (حسب شروط التصنيع في المعمل) وبالتالي:

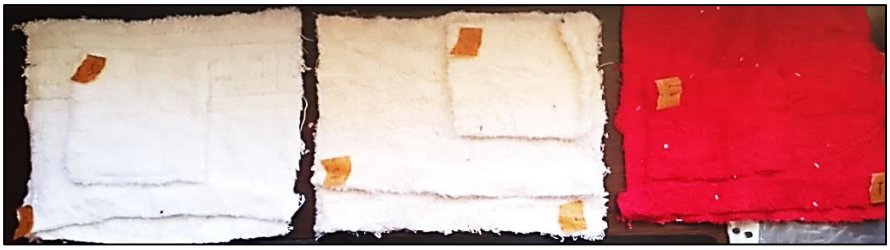
كثافة الوبرة = كثافة خيوط اللحمة / عدد خيوط اللحمة المشكلة لصف الوبرة

العينات مصنعة في شركة (صباغ وشعبون للنسيج) في المدينة الصناعية بحسياء، على آلات نسيج (نوع سولزر G6300 جاكارد 2004)، مواصفاتها الفنية:

- الاستطاعة: 380 واط
- عدد الشناكل Max2688

- عرض النول 340 سم
- نظام الحدف: رابير مرن
- سرعة النول 350 حدفة ويمكن أن تصل حتى 1100 حدفة.

الشكل (4): العينات الخام



الشكل (5): العينات المجهزة المصبوغة

تضمنت عمليات الصباغة للعينات المصبوغة (المجموعة الثانية) الشروط والمواد المذكورة في الجدول (2) وفقاً لمشرفي الشركة المصنّعة.

الجدول (2): شروط الصباغة والعمليات اللاحقة على العينات المصبوغة

المرحلة	المواد والتراكيز
الصباغة	نوع الصباغ: صباغ نشط Reactive Dye صنع الهند. آلة الصباغة: أوفر فلو H/C نسبة الحوض: 1:10

	ملح: 10–12 g/l صودا: 5–10 g/l درجة الحرارة: 60 درجة مئوية الزمن: 30–45 دقيقة
التعويم	حمض خل: 1 g/l درجة الحرارة: 60 درجة مئوية الزمن: 15 دقيقة
الشطف	صابون: 0.5 g/l درجة الحرارة: 90 درجة مئوية الزمن: 10 دقائق
معالجة الإنزيم	حمض خل: 0.5 g/l إنزيم حامضي: 0.5 g/l درجة الحرارة: 50–85 درجة مئوية الزمن: 15 دقيقة
التطرية	حمض خل: 0.5 g/l مادة مطرية Soft: 3–4% درجة الحرارة: 45 درجة مئوية الزمن: 30 دقيقة
العصر والتنشيف	بدون تطبيق ضغط

2.3.2. إجراء اختبارات الامتصاص على الأقمشة المدروسة:

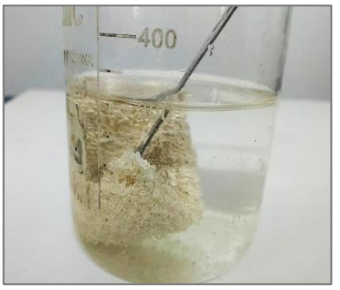
تم إجراء اختبارات الامتصاص على العينات بإضافة مادة ملونة للماء (صبغة الشمندر الأحمر) من أجل ملاحظة ومراقبة بعض الاختبارات التي تتطلب المشاهدة بشكل أوضح. وتم إجراء كل اختبار بالاعتماد على مواصفات قياسية مرجعية وفقاً لما يلي:

1- قياس الامتصاص الساكن:

أبعاد العينات: (10*10) سم، طريقة الاختبار الداخلي، المواصفة القياسية المعتمدة: BV S1008 [5].

حيث تم غمر العينات في حجم 300 مل من الماء لمدة 5 دقائق، الشكل (6). ثم نشرها لمدة 3 دقائق وحساب نسبة الامتصاص الساكن بناء على وزن العينات m_d (قبل الاختبار) ووزنها m_w (بعد الاختبار)، نسبة الامتصاص الساكن حسبت بالعلاقة:

$$S_W = \frac{m_w - m_d}{m_d} . 100\%$$



الشكل (6): طريقة اختبار الامتصاص الساكن في المخبر

2- قياس الامتصاص الديناميكي:

أبعاد العينات: (2*20) سم، وأجري الاختبار وفقاً لـ Juliana C. 2017 [5]. حيث يتم طي العينة لتشكل طبقتين ثم تغمر في 100 مل من الماء المقطر في دورق موضوع على ميزان ويراقب فقدان كتلة الدورق كل 10 ثواني لمدة 30 ثانية، ثم كل 30 ثانية حتى 300 ثانية.

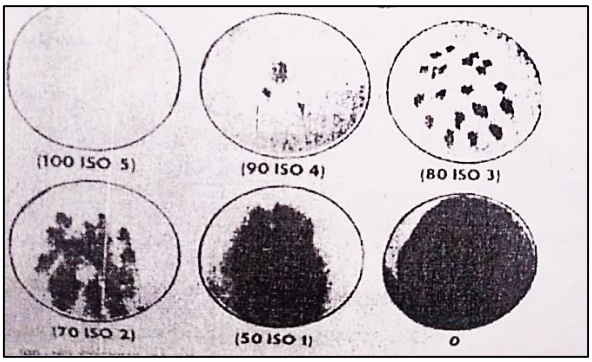
3- قياس الامتصاص السطحي:

أبعاد العينات: (20*20) سم، المواصفة القياسية: ASTM D4772-97 [5]، حجم الماء 200 مل. حيث تم إجراء الاختبار على جهاز البلل الموجود في مخبر النسيج الشكل (7) بتثبيت العينة على الحامل الدائري ثم سكب الماء من خلال القمع العلوي حتى انتهاء الحجم المستخدم من الماء، وتم حساب نسبة الترطيب (الزيادة في الوزن كنسبة مئوية) من العلاقة:

نسبة الترطيب % = ((الوزن الرطب – الوزن الجاف) / الوزن الجاف) * 100

كما تم تقييم البلل باستخدام لوحات ISO المعيارية، الشكل (8).

الشكل (7): اختبار الترطيب السطحي



الشكل (8): تقييم البلل حسب اللوحات المعيارية [17]

4- قياس زمن الغمر:

في هذا الاختبار تم أخذ 5 عينات من كل نوع من الأقمشة المدروسة وفق المواصفة TS EN 14697 [5]، أبعاد كل عينة (10*10) سم. تم وضع العينات على سطح الماء من أحد وجهيها ضمن إناء زجاجي كل على حدة، وحساب الزمن اللازم لتشبع العينة بالماء (غمر من تلقاء نفسها)، الشكل (9).

الشكل (9): إجراء اختبار الغمر للعينات

من الشكل (9) يلاحظ حيث يلاحظ غمر العينة المصبوغة بينما العينة الخام لم تغمر.

5- اختبار القطرة:

تم تحديد خاصية الترطيب المتعلقة بامتصاص القطرات وفقًا للمواصفة AATC 79-2007 (وهذه المواصفة خاصة بأقمشة المناشف وفقاً للمراجع). تم وضع السحاحة على ارتفاع 9.5 ملم في الأعلى ثم ووضع قطرة 0.2 مل من الماء المقطر بعناية على سطح القماش وتغطيتها بطبق شفاف لمنع التأثيرات الخارجية. تم اعتماد الزمن الذي يستغرقه اختفاء القطرة كزمن امتصاص للقطرة، حيث يقاس الزمن حتى تفقد القطرة انعكاسها البصري. ويعرف هذا الزمن بوقت الترطيب.

الشكل (10): إجراء اختبار القطرة (زمن الترطيب)

6. سرعة نقل السائل:

أجري الاختبار وفق المواصفة القياسية DIN 53924 [5] وتعد هذه الخاصية من الخصائص التابعة لراحة قماش المنشفة وفقاً للمراجع. حيث تم أخذ العينات المدروسة بأبعاد (20*2) سم، وتعليقها بواسطة مشبك، ثم غمر الطرف السفلي لكل عينة بعمق 3 سم تحت سطح الماء، وقياس ارتفاع السائل كل 5 دقائق وتسجيل النتائج. تم حساب سرعة نقل السائل (الامتصاص) بقسمة فرق الارتفاع بين كل قياس على الزمن (5 دقيقة).

الشكل (11): كيفية اختبار سرعة نقل السائل

2.3.3. مناقشة النتائج:

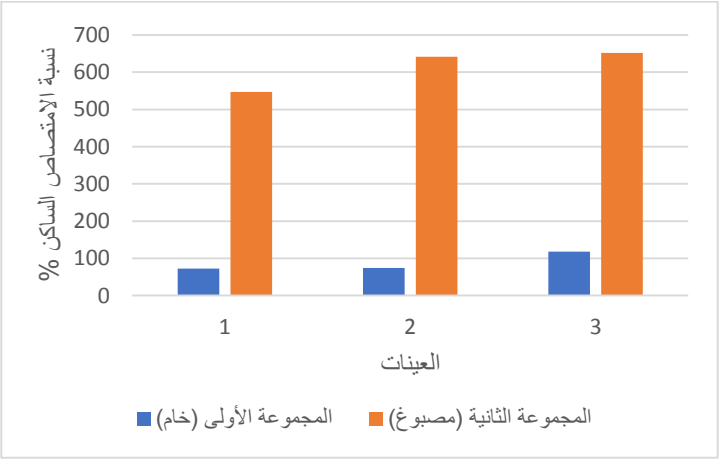
- **الامتصاص الساكن:**

يلاحظ من الجدول (3) والشكل (12) أنه مع زيادة كثافة اللحمة للعينات المصبوغة تزداد نسبة الامتصاص الساكن بشكل مطابق لنتائج العينات الخام. وبالمقارنة بين عينات المصبوغ والخام يلاحظ زيادة كبيرة في نسبة امتصاص العينات المصبوغة للسائل.

الجدول (3): نتائج اختبار الامتصاص الساكن

المجموعة	العينة	الوزن الجاف m_d gr	الوزن الرطب m_w gr	نسبة الامتصاص %
	1	5.13	8.48	72.3
	2	6.2	10.8	74.1

الأولى (كثافة اللحمة)	3	5.5	12.01	118.3
الثانية (مصبوغ)	1	4.11	26.6	547.2
	2	7.77	57.64	641.8
	3	8.3	62.4	651.8

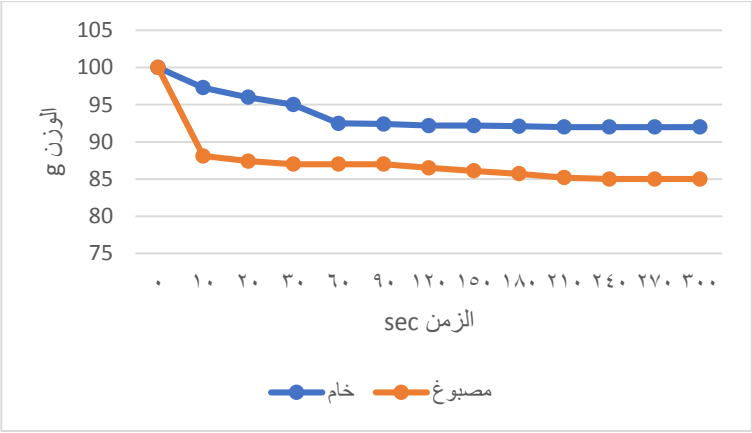


الشكل (12): مقارنة نسبة الامتصاص الساكن بين العينات الخام والمصبوغة

حيث وصلت نسبة الامتصاص الساكن في عينات الخام إلى أعلى قيمة لها عند كثافة لحمة 18 خيط/سم (العينة الثالثة) وكانت 118.3%، بينما كانت نسبة الامتصاص الساكن (عند نفس كثافة اللحمة) للعينة المصبوغة الثالثة حوالي 651.8%.

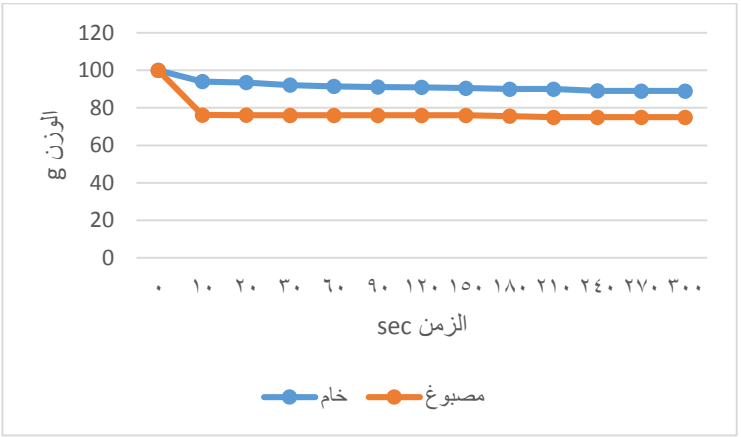
تفسر هذه النتيجة بأن زيادة عدد خيوط اللحمة ضمن القماش يزيد من المساحة السطحية الفعالة لامتصاص الماء، كما توفر مسامات أكبر بين الخيوط لاحتجاز الماء، مما يجعل سطح الليف قابلاً للبلل بشكل أكبر

- **الامتصاص الديناميكي:**



الشكل (13): نتائج **العينة الأولى** (خام – مصبوغ) من حيث الامتصاص الديناميكي (العلاقة بين زمن الغمر وفقدان وزن الدورق)

الشكل (14): نتائج **العينة الثانية** (خام – مصبوغ) من حيث الامتصاص الديناميكي (العلاقة بين زمن الغمر وفقدان وزن الدورق)



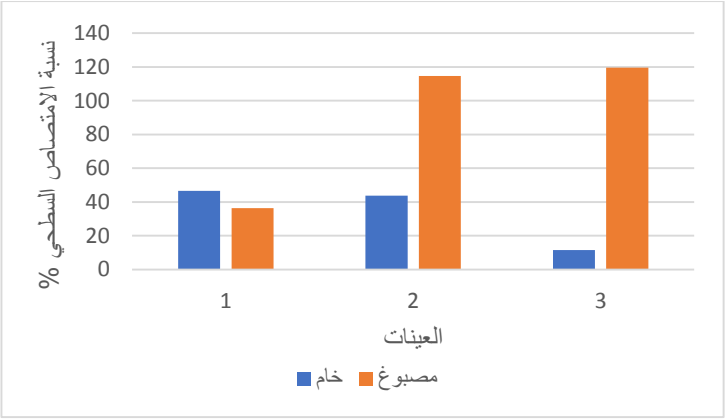
الشكل (15): نتائج **العينة الثالثة** (خام – مصبوغ) من حيث الامتصاص الديناميكي (العلاقة بين زمن الغمر وفقدان وزن الدورق)

يلاحظ من الأشكال السابقة، أن نسبة الامتصاص الديناميكي كانت أكبر بشكل ملحوظ في العينات المصبوغة على العموم. بالعلاقة بين الزمن ووزن الدورق لجميع العينات لوحظ أن العينات المصبوغة أظهرت امتصاصاً أكبر من العينات الخام طيلة زمن الاختبار، ووصل وزن الدورق في نهاية الاختبار للعينة الأولى: الخام 92 g المصبوغة 85 g، بينما في العينة الثانية وصل وزن الدورق إلى القيمة: الخام 91 g المصبوغة 76 g، بينما العينة الثالثة: الخام 89 g المصبوغة 75 g. ويلاحظ من هذه القيم أيضاً أنه بزيادة كثافة خيوط اللحمة تزداد نسبة الامتصاص الديناميكي بناءً على مقدار انخفاض وزن الدورق، وهذه النتيجة متوافقة مع نتائج الامتصاص الساكن.

يمكن فهم نتيجة الاختبار من خلال معرفة الفرق بين نوعي الامتصاص (الساكن والديناميكي). حيث يعبر الامتصاص الساكن عن قدرة القماش على امتصاص الماء بدون حركة (بدون تأثير قوى خارجية كالاحتكاك مع السائل) ويعتمد على الانتشار وفق الخاصية الشعرية بشكل طبيعي،

بينما في الامتصاص الديناميكي تساعد قوى الاحتكاك الناتجة عن الحركة على الانتشار داخل القماش بشكل أسرع.

- **الامتصاص السطحي:**



الشكل (16): مقارنة نسبة الامتصاص السطحي بين العينات الخام والمصبوغة

في هذا الاختبار وفقاً للشكل (16)، لوحظ اختلاف في نتائج الامتصاص السطحي بين عينات الخام والمصبوغ مع زيادة كثافة خيوط اللحمة. حيث وجد في عينات القماش الخام انخفاض في نسبة الامتصاص السطحي مع زيادة كثافة اللحمة، بينما في العينات المصبوغة لوحظ ازدياد في نسبة الامتصاص السطحي مع زيادة الكثافة. يلاحظ أيضاً أن نسبة الامتصاص انخفضت في العينة الأولى المصبوغة بشكل طفيف مقارنة بالخام (قد يعود السبب في هذا الانخفاض إلى وزن المتر المربع المنخفض لهذه العينة، الجدول–1)، لتعود وتبدي ارتفاعاً واضحاً في نسبة الامتصاص السطحي للعينات المصبوغة الثانية والثالثة مع زيادة كثافة خيوط اللحمة مقارنة بالخام.

يمكن تفسير سبب الاختلاف هذا بأن زيادة كثافة اللحمة في عينات الخام ستؤدي إلى تقارب كبير بين الخيوط غير المصبوغة، الأمر الذي يسبب انسداد المسامات السطحية، بالتالي ستعمل كحاجز فيزيائي يعيق وصول الماء إلى داخل القماش خلال فترة وجيزة مما يبقي الماء على سطح القماش.

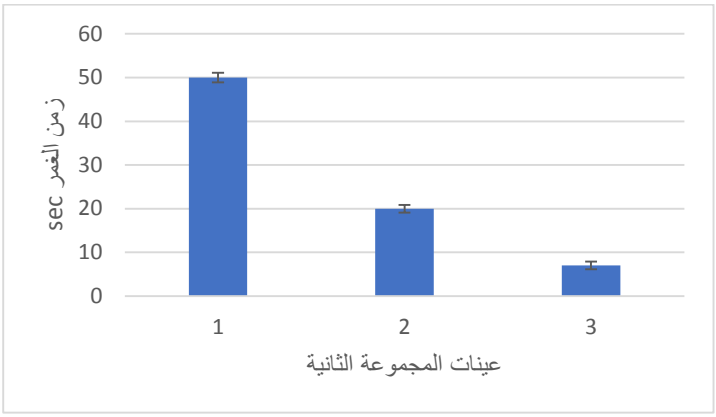
في حين أن عمليات الصباغة والتطرية تزيد من انتفاخ الألياف مما يسرع من عملية الانتشار الشعري حتى مع زيادة كثافة الخيوط.

بالنسبة لتقييم النتائج وفقاً للوحات المعيارية، فقد تم تلخيصها في الجدول (4).

الجدول (4): نتائج اختبار الترطيب السطحي وفقاً للوحات المعيارية

المجموعة	العينة	الوصف	تقييم البلل وفق لوحات ISO
الأولى (خام)	1	بلل متفرق على السطح العلوي	80 ISO 3
	2	بلل متفرق على السطح العلوي	80 ISO 3
	3	بلل بسيط على السطح العلوي	90 ISO 4
الثانية (مصبوغ)	1	بلل متفرق على السطح العلوي	70 ISO 2
	2	بلل كامل	50 ISO 1
	3	بلل كامل	50 ISO 1

- **زمن الغمر:**



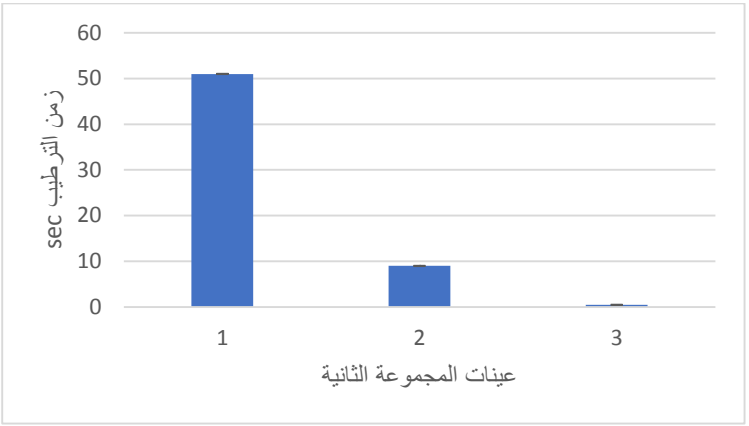
الشكل (17): تأثير اختلاف كثافة اللحمة على زمن الغمر في العينات المصبوغة

يلاحظ من الشكل (17) أنه بزيادة كثافة اللحمة للعينات المصبوغة ينخفض زمن الغمر بشكل ملحوظ. السبب هو أن زيادة كثافة الخيوط يقلص المسافات بين الخيوط ويزيد من نقاط التلامس، مما يعزز عملية الامتصاص بشكل أكبر، ويساعد على حدوث انتشار أفقي سريع للماء مسبباً غمر العينة. يجب الأخذ بعين الاعتبار أن عينة القماش تنغمر بعد أن تصبح كثافتها بعد امتصاص الماء أكبر من كثافة الماء نفسه.

بينما لم تغمر عينات المجموعة الخام بسبب المواد الزيتية التي لم يتم إزالتها والتي تعيق عملية الغمر الذاتي، وتسبب طفو العينة على سطح الماء.

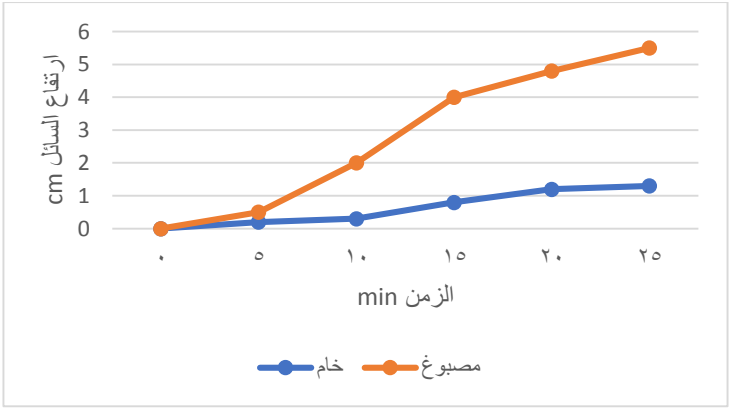
- **اختبار القطرة:**

في اختبار القطرة، يظهر الشكل (18) نتائج مطابقة لنتائج اختبار الغمر في العينات المصبوغة، كما أنه لم يحدث امتصاص للقطرة في عينات الخام، لنفس الأسباب التي تم ذكرها في اختبار الغمر.

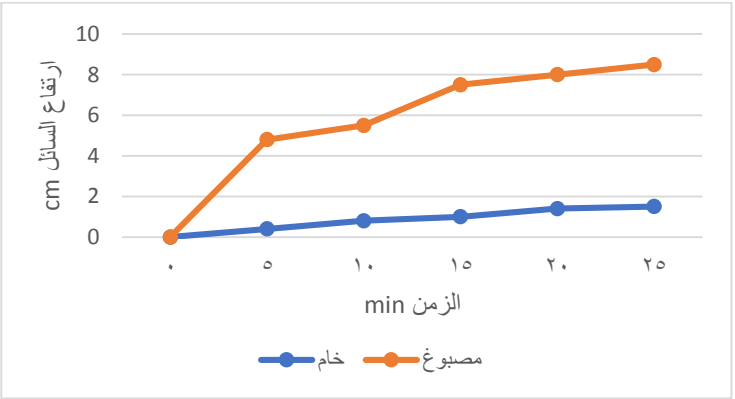


الشكل (18): تأثير اختلاف كثافة اللحمة على زمن الترطيب في العينات المصبوغة

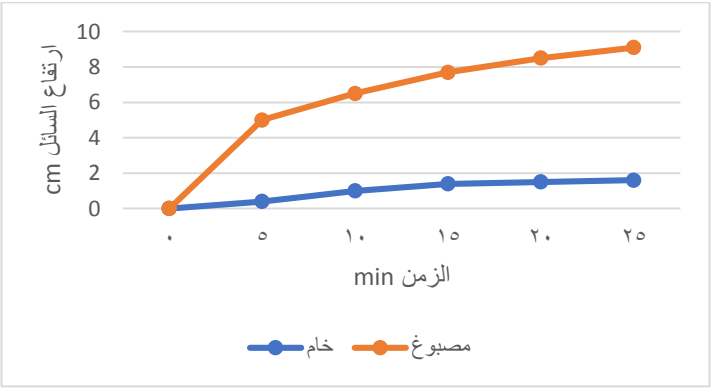
- **سرعة نقل السائل:**



الشكل (19): نتائج **العينة الأولى** (خام – مصبوغ) من حيث سرعة نقل السائل (العلاقة بين الزمن وارتفاع السائل)

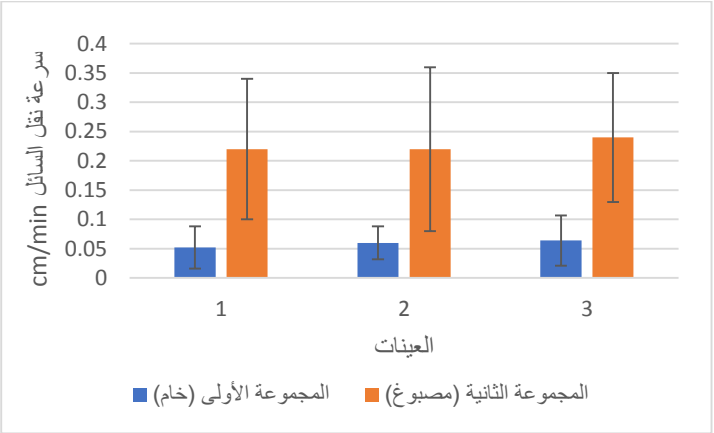


الشكل (20): نتائج **العينة الثانية** (خام – مصبوغ) من حيث سرعة نقل السائل (العلاقة بين الزمن وارتفاع السائل)



الشكل (21): نتائج **العينة الثالثة** (خام – مصبوغ) من حيث سرعة نقل السائل (العلاقة بين الزمن وارتفاع السائل)

إن الأشكال (19،20،21) تظهر أن سرعة نقل السائل للعينات المصبوغة كانت أكبر بشكل ملحوظ من العينات الخام، بينما لم يلاحظ أي تأثير لتغير كثافة اللحمة على سرعة نقل الماء، الشكل (22). تراوحت السرعة في العينات الخام بين 0.052 و 0.064 سم/دقيقة، بينما كانت سرعة نقل السائل في العينات المصبوغة ضمن المجال 0.22- 0.24 سم/دقيقة.



الشكل (22): مقارنة سرعة نقل السائل بين العينات الخام والمصبوغة

بشكل عام، إن عمليات الصباغة والتطرية تؤثر بشكل واضح على خصائص الامتصاص لأقمشة المناشف الأمر الذي يجعل منها عملية ضرورية قبل طرح المنتج النهائي في السوق.

3. نتائج البحث:

تم في هذا البحث دراسة تأثير عمليات الصباغة النهائية على خواص الامتصاص لأقمشة المناشف، باستخدام مجموعتين من الأقمشة (خام ومصبوغة)، بحيث كل مجموعة تتضمن 3 عينات مختلفة في كثافة خيوط اللحمة. وأظهرت النتائج ما يلي:

- تؤثر عمليات الصباغة بشكل إيجابي على أقمشة المناشف (تيري)، حيث تؤدي إلى تحسن واضح في خصائص الامتصاص مقارنة بالعينات الخام، وهذه النتيجة تشمل كل من: الامتصاص الساكن والديناميكي والسطحي، وسرعة نقل السائل. كما لوحظ أن العينات المصبوغة انغمرت بشكل كامل في الماء بينما لم يحدث غمر للعينات الخام مطلقاً في الماء.

- تؤثر كثافة خيوط اللحمة بشكل جوهري على خصائص امتصاص أقمشة تيري أيضاً، حيث وجد أنه بزيادة كثافة خيوط اللحمة تزداد نسبة الامتصاص الساكن والديناميكي، وزمن الغمر. أما في حالة الامتصاص السطحي فإن زيادة كثافة اللحمة أثرت سلباً على نسبة الامتصاص. كما لم يظهر اختلاف كثافة اللحمة تأثيراً جوهرياً على سرعة نقل السائل.

هذه الدراسة يمكن أن تساهم في توجيه المصنعين لتصميم منتجات من أقمشة المناشف بحيث تلبي احتياجات محددة بكفاءة أعلى مع ضمان في الجودة، وتحسين الأداء الوظيفي لهذا النوع من الأقمشة.

4. التوصيات:

- دراسة متغيرات إضافية لأقمشة المناشف مثل: نوع الألياف – استخدام تراكيب ممزوجة من مواد أولية مختلفة، وتأثيرها على خواص الامتصاص.
- دراسة تأثير عمليات الغسيل المتكرر على كفاءة امتصاص الأقمشة.
- دراسة تأثير عمليات الصباغة على الخصائص اللمسية من خلال اختبارات التحليل الحسي.
- استخدام تقنيات حديثة (مثل تكنولوجيا النانو) في تحسين خصائص الامتصاص ومقارنتها بأقمشة المناشف التقليدية.

5. المراجع العلمية:

1- D. S. Germanova-Krasteva, G. D. Kandzhikova, and A. G. Bochev. (2013). Influence of terry fabrics structure on dynamic sorption. Int. J. Cloth. Sci. Technol., vol. 25, no. 4, pp. 243–256.

2- J. P. Singh and B. K. Behera. (2014). Performance of Terry Towel – A Critical Review Part I: Water Absorbency. J. Text. Appar. Technol. Manag., vol. 9, no. 1, pp. 1–14.

3- F. Sekerden. (2015). A Comparative Analysis of Towels Produced from Twisted and Twistless Cotton Pile Yarns in Terms of Absorptive Capacity and Flexural Rigidity. J. Eng. Fiber. Fabr., vol. 10, no. 1, pp. 109–114.

4- F. Sekerden. (2012). Investigation of water absorbency and color fastness of modal woven towels. vol. 7, no. 2, pp. 145–148.

5- J. Cruza, A. Leitãoa, D. Silveiraa, S. Pichandia, M. Pintob, R. Fangueiroa. (2017). Study of moisture absorption characteristics of cotton terry towel fabrics. Procedia Engineering 200, 389–398.

6- H. A. Eren, E. K. Çeven, G. K. Günaydin, M. S. Güler, E. Akdemir. (2020). absorbency and wicking properties of terry towel weaving fabrics. 17-18 th Sep, Belgrade, Serbia.

7- Humphries M., Fabric glossary. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., (2004), P.267.

8- Humphries M., Fabric references. 3rd edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., (2004), p.267.

9- M. Dorgham, A. Fouda, H. Elfowaty. (2022). The effect of beating-up mechanism type on the woven terry towels properties. Heritage

and Design Magazine, Volume 2, Issue 9. DOI: 10.21608/jsos.2021.101764.1096.

10- أسامة حلاوه، محمد عبد الفتاح، محمد حامد. (2020). تأثير اختلاف بعض عناصر التركيب البنائي لأقمشة المناشف الوبرية على خاصية الامتصاص. المجلة الدولية للتصميم، المجلد 10، العدد 2.

11- أسامة عز الدين حلاوه. (2010). تكنولوجيا إنتاج أقمشة الجاكارد، كلية الفنون التطبيقية.

12- J.P. Singh, B.K. Behera. (2014). Performance of Terry Towel – A Critical Review, Part I: Water Absorbency. JTA, TM. Volume 9, Issue 1.

13- Huang, J. (2006) Thermal Parameters for Assessing Thermal Properties of Clothing, Journal of Thermal Biology, 31: 461-466.

14- N. Üren. (2024). Determining Tactile Comfort of Cellulose-Based Woven Fabrics, Knitted Fabrics and Terry Towels Using a Novel Instrument. Journal of Natural Fibers, 21:1, 2343370, Turkey.

15- N. Üdürgücü, B. S. Beşen, S. Şerafettinoğlu. (2024). Investigation of the effects of some pile yarn parameters on crucial properties of towels. The Journal of the Textile Institute. Volume 115, Issue 2.

16- R. Orazbayeva, I. Turmanov. (2025). determination of physical-mechanical properties of newly produced towel fabrics and their comparative analysis. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(12), 1229-1232.

17- زهير نخلة منصور. (2008). كتاب فيزياء المنسوجات، لطلاب السنة الثانية، قسم هندسة الغزل والنسيج، حمص، سوريا.