

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبتروولية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 48 . العدد 1

1448 هـ - 2026 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

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

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

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 : ++ 963 31 2138071

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

. البريد الإلكتروني : 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.
- إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
- إذا 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.
- إذا 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 25×17.5 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
- كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - 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 ورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

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

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة 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 ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننًا 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

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
26-11	م. الحارث رضوان الخليف العبيد د.م. محمد هلال	تعزيز عمل المبادلات الشاردية في صناعة الكلور باستخدام أغشية الترشيح الدقيق
42-27	زهراء المحمد عيد د. عامر محمود الشيخ د. محمد صفا زودة	تأثير طريقة تمليح ثمار القبار على محتواها من الروتين
74-43	هبة شتور د. محمد مصري د. شريف صادق	دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح
94-75	محمد علي د. رمضان عطرة د. نسرين البيطار	دراسة تأثير إضافة المستخلصات المائية لقشور الرمان في جودة عصير التفاح خلال التخزين

تعزير عمل المبادلات الشاردية في صناعة الكلور باستخدام أغشية الترشيح الدقيق

م. الحارث رضوان الخليف العبيد⁽¹⁾ ، د.م. محمد هلال⁽²⁾

الملخص

تم في هذا البحث دراسة معالجة المحلول الملحي والنواتج من ملح سبختات تدمر في مدينة حمص ومياه بلدة حفير في ريف دمشق باستخدام أغشية البولي بروبلين المتوفرة في السوق من النوع Cartridge filter لأربعة أنواع (0.5-1-5-10) ميكرون وباستخدام تقنية الترشيح الدقيق .

تم إجراء مجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية على المحلول الملحي NTU, TSS وحساب كفاءة عملية الترشيح.

كان الهدف من هذه الدراسة التوصل إلى الغشاء الذي يعطي محلولاً ملحياً مطابقاً لمواصفات محلول صناعة الكلور ولا يؤثر على المبادل الشاردي وخلايا التحليل الكهربائي التي تلي عملية المعالجة بالترشيح.

تم إجراء العمل التجريبي في وحدة صناعية في مدينة عدرا الصناعية بريف دمشق لمصنع انتاج هيبوكلوريت الصوديوم بتقنية Diaphragm cell .

تم التوصل الى الغشاء الأمثل وهو الغشاء 1 ميكرون من حيث مطابقة المواصفات للمحلول الملحي وعمر تشغيلي مناسب حيث اعطى نسبة إزالة تصل الى 82 % .

الكلمات المفتاحية: صناعة الكلور – المحلول الملحي – الترشيح الدقيق – المبادلات الشاردية.

1 . طالب ماجستير- قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية – جامعة حمص .

2 . أستاذ – قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية – جامعة حمص .
(المشرف)

Enhancing the work of the ion exchanger in chloralkali industry using microfiltration membranes

Abstract

In this research , the treatment of the brine solution resulting from the salt of sabkha in Palmyra(Tadmor,syria) and the water of town of hafir was studied using the polypropylene membranes available in the market of the cartridge filter of four types (0.5-1-5-10) micron and using the microfiltration technology.

A set of physical and chemical analyses were performed on the brine solution NTU.TSS and the efficiency was calculated .

The aim of this study was to find a membrane that produces brine solution that matches the specification of the chloralkali industry solution and does not affect the ion exchanger and electrolysis cells that follow the membrane treatment process.

The experimental work was conducted in an industrial unit in Adra industrial City in the Damascus countryside .

The factory produces sodium hypochlorite using Diaphragm cell technology.

The optimal membrane was found to be 1 micron membrane in term of matching the specifications of the brine solution and having a suitable operating life , as it gave a removal rate of up to 82 % .

Keywords: chloralkali, brine , microfiltration , ion exchanger.

1- مقدمة Introduction

صناعة الكلور هي الصناعة التي تعتمد على التحليل الكهربائي لمحلول ملح كلوريد الصوديوم لإنتاج غاز الكلور بشكل أساسي وهو أحد المواد الكيميائية الأكثر وفرة التي تنتجها هذه الصناعة وله مجموعة واسعة من الاستخدامات كما يوضحه الشكل (2) حيث يبين المخطط التكنولوجي لصناعة الكلور. [2]

ان أول خطوة واهم خطوة في الصناعة هي تنقية المحلول الملحي ، توجد ثلاث تقنيات رئيسية لهذه الصناعة وهي:

1. خلايا الزئبق mercury cell

2. خلايا الحجاب diaphragm cell

3. خلايا الغشاء membrane cell

تختلف التقنيات الثلاث في الطريقة التي يتم فيها فصل منتجات الانود عن منتجات الكاتود حيث تتألف خلية التحليل الكهربائي من حجرتين إحداهما تحوي القطب السالب (الكاتود) وعنده ينتج الهيدروجين وحجرة تحوي القطب الموجب (الانود) وعندها ينتج الكلور. [1]

ان من أهم الخطوات هي تجهيز ومعالجة المحلول الملحي للتحليل الكهربائي وتقسّم الى:

1-المعالجة الأولية للمحلول الملحي.

2-المعالجة الثانوية للمحلول الملحي.

في المعالجة الأولية يتم تجهيز المحلول الملحي بخلط المياه مع الملح حتى الوصول الى كثافة 1.18 gr/ml ، ثم إضافة كربونات الصوديوم وماءات الصوديوم في مرسب عمودي واعطاؤه زمن ترسيب 7 ساعات لضمان التخلص من الأيونات غير المرغوب بها في العملية حيث يتم ترسيب أيونات الكالسيوم على شكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ويتم ترسيب أيونات المغنيزيوم على شكل ماءات المغنيزيوم $Mg(OH)_2$ ، يوضح الشكل (1) مخطط صندوقي لعملية المعالجة. [7]

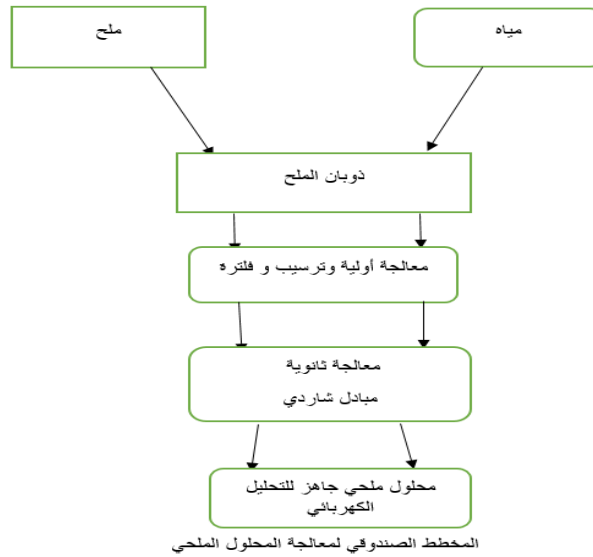
بعد الانتهاء من عملية الترسيب يؤخذ الرائق الى عملية الترشيح حيث يحوي على نسبة من المعلفات الصلبة والتي يتم فصلها باستخدام فلاتر ترشيح، أهم الشوائب في المحلول الملحي

هي أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم والمركبات الناتجة عنها والتي تتواجد بشكل معقدات صلبة في المحلول الملحي .

يحتوي المحلول الملحي بعد المعالجة الأولية على أيونات تركيزها :

$$1-\text{Ca}^{+2} < 2 \text{ mg/l}$$

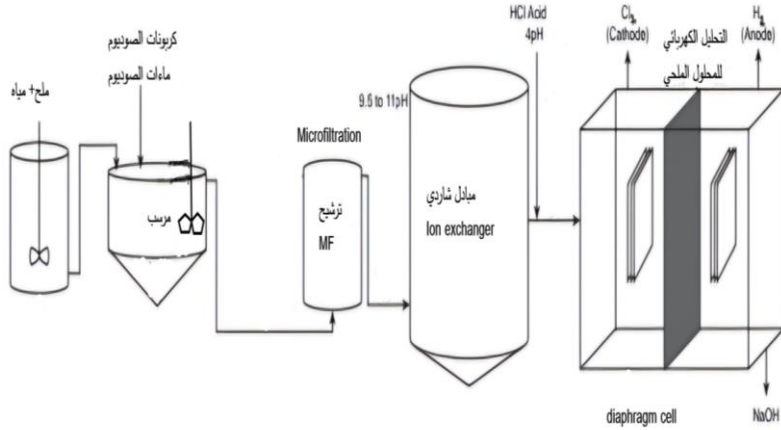
$$2-\text{Mg}^{+2} < 1 \text{ mg/l}$$



الشكل (1) المخطط الصندوقى لعملية معالجة المحلول الملحي

في المعالجة الثانوية يتم سحب المحلول الملحي بعد عملية الترشيح الى عمود يحوي مبادل شاردى من راتنجات التبادل الايوني الكاتيونية الضعيفة والتي تعمل على تخليص المحلول الملحي مما تبقى من أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم ، حتى تسير عملية التبادل الشاردى بين المحلول الملحي وراتنجات التبادل الشاردى بشكل أمثل يجب أن يكون المحلول الملحي بعد عملية الترشيح وقبل عملية التبادل الشاردى بمواصفات عكارة NTU تتراوح بين (0.2-1) .

[2]



الشكل (2): المخطط التكنولوجي لصناعة الكلور

تطرقنا العديد من الدراسات السابقة لعملية معالجة المحلول الملحي منها:

- في عام 2007 درس الباحثون S.S.Madaeni , V.Kazemi معالجة المحلول الملحي مخبرياً باستخدام تقنية الأغشية من رتبة nanofiltration ، ولقد أشارت النتائج إلى كفاءة عالية للمعالجة ، مع صرف طاقة كبيرة وحساسية للأغشية بسبب حمولة الشوائب العالية ، تم تحديد الشروط التشغيلية المناسبة للوحدة المصممة وكان الضغط المناسب 8 bar وكفاءة في الترشيح تصل 98% [3].

- وفي دراسة نشرت سنة 2013 قام الباحثون Z.Z.Hong ,F.Li, W.Xing بدراسة الترشيح الدقيق Microfiltration للمحلول الملحي باستخدام أغشية سيراميكية في معالجة المحلول الملحي حيث بينت الدراسة أن المعوقات الصلبة الأكثر دقة هي على شكل $Mg(OH)_2$ ماءات المغنيزيوم وتتراوح أبعادها بين 0.2-7 ميكرون ووصلت كفاءة الترشيح 99% [4].

- في عام 2015 قام الباحثان J.R.Kha, S.Muhammad بدراسة تنقية المحلول الملحي لإنتاج الكلور في تقنية الأغشية وذلك لتقليل الشوائب غير المرغوب بها في المحلول الملحي في مرحلة ما قبل الترشيح وتعتبر مهمة لتقليل كمية الشوائب باتجاه المرشحات ، أشارت الدراسة إلى أن المعالجة الكيميائية يجب أن تراعي الترتيب في

إضافة المواد الكيميائية وذلك لتقليل كمية المعلقات الصلبة في المحلول الملحي وان إضافة كربونات الصوديوم أولاً ثم ماءات الصوديوم ثانياً يحقق أفضل نتائج حيث تكون نسبة المعلقات في الحد الأدنى ، المعلقات الصلبة في المحلول الملحي هي كربونات الكالسيوم وماءات المغنيزيوم وان أي زيادة في الكميات المضافة ستؤثر على ابعاد وشكل المعلقات، وان أفضل قيمة لـ pH العملية تتراوح بين 9-11. [5]

- وفي عام 2017 قام الباحثون M.A.Abu Bakar, A.Ahmad , M.Harun بدراسة المتغيرات التشغيلية في وحدة ترشيح المحلول الملحي والتي يمكن ان تزيد عمر المرشح ، أظهرت النتائج أنّ زيادة التدفق تسبب زيادة في عكارة المحلول الملحي [6].

انطلاقاً مما سبق جاءت الدراسة الحالية من اجل التعرف على كيفية معالجة المحلول الملحي باستخدام الترشيح الدقيق واختيار المرشح المناسب الذي يحقق مواصفات محلول صناعة الكلور

2- أهمية البحث وأهدافه Importance of the research and it aims

تتمثل أهمية البحث في تعزيز عمل المبادلات الشاردية في صناعة الكلور من خلال استخدام اغشية ترشيح دقيق MF قبل المبادل الشاردي لتحقيق بذلك مواصفات المحلول الملحي المستخدم في التحليل الكهربائي ، ويعتبر الكلور من المواد المهمة في تصنيع هيبوكلوريت الصوديوم وهي مادة معقمة وتستخدم في صناعة الورق ومؤكسد قوي .

يهدفُ هذا العمل - بشكل أساسي - إلى تحقيق الأهداف التالية:

➤ اختيار المرشح الأمثل.

➤ دراسة العوامل التشغيلية (التدفق ، الضغط، NTU العكارة) على العملية المدروسة.

ان الهدف النهائي هو الحصول على محلول ملحي خالي من الشوائب يلبي متطلبات عملية التحليل الكهربائي للحصول على الكلور ومنتجاته .

3- مواد وطرق البحث Materials and the research methods

3-1- المواد المستخدمة في الدراسة

3-1-1- الملح (salt): هو ملح مأخوذ من سبخات مدينة تدمر ومعالج في مدينة حسياء الصناعية تبلغ نسبة كلوريد الصوديوم فيه 91.21% وتبلغ نسبة عنصر المغنزيوم 8.41% ، كما يوصى باستخدامه في صناعة الكلور [8]

3-1-2- المياه (water): تُعد مياه بلدة حفير التابعة لمدينة ريف دمشق مناسبة وقريبة على مدينة عدرا الصناعية حيث تغذي المنطقة .

3-1-3- أغشية الترشيح الدقيق (Microfiltration membran):

مواصفات الاغشية المستخدمة في الدراسة :

1. مادة الغشاء : PP البولي بروبيلين صناعة شركة parma الايطالية .
2. سماكة الغشاء : 1.6 cm .
3. قطر المسام المتوسط للأغشية : $(0.5 , 1 , 5 , 10) \mu m$.
4. فرق الضغط المقترح لاستبدال الغشاء : 1 bar .
5. مساحة سطح الترشيح : $0.24 m^2$.

يوضح الشكل (3) المرشح الذي سيتم استخدامه في الدراسة:



الشكل (3) المرشح من النوع Cartridge filter

3-1-4 مواد كيميائية: كربونات الصوديوم ، ماعت الصوديوم ، حمض كلور الماء .

4. الدراسة التجريبية Experimental study

4-1-1 الأدوات والأجهزة المستخدمة في الدراسة التجريبية

استخدمت الأجهزة والأدوات التالية في الدراسة التجريبية، وهي :

1- جهاز قياس العكارة NTU

2- جهاز التحليل الطيفي spectrophotometer

3- جهاز الامتصاص الذري atomic absorption spectrometer

4- مقياس الكثافة hydrometer

5- مقياس flow meter

6- مضخة من النوع طرد مركزي

7- مقياس ضغط من النوع Bourdon Tube Gauge

8- مرسب

9- مبادل شاردي

10- مقياس pH

4-2-1 مراحل الدراسة التجريبية:

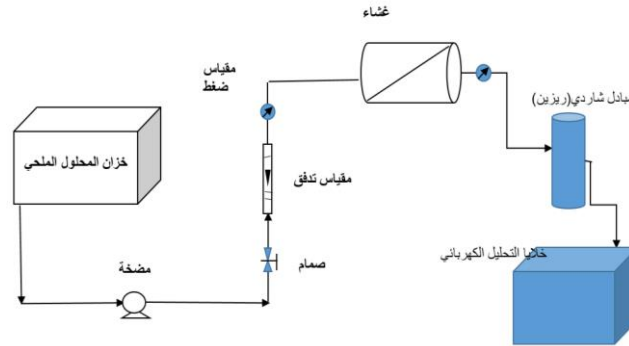
يمثل الشكل (4) صورة توضيحية للوحدة التجريبية والتي تم اجراء الدراسة عليها وتتلخص

مراحل العمل التجريبي بمايلي:

- تحضير المحلول الملحي .
- معالجة المحلول الملحي كيميائياً وترسيبه .
- ترشيح المحلول الملحي واختبار الأغشية الأربعة (10-5-1-0.5) ميكرون.
- دراسة تغيير العوامل التشغيلية مثل التدفق وهبوط الضغط مع الزمن والعكارة .
- أخذ عينات قبل المرشح وبعده وتحليلها .
- تحليل النتائج وحساب كفاءة المرشحات.



الشكل (4) صورة الوحدة التجريبية



الشكل (5) رسم توضيحي لوحدة معالجة المحلول الملحي

5 - النتائج والمناقشة Results and Discussion

1. تحديد مواصفات المحلول الملحي :

بعد اختبار الاغشية الموصوفة تم اخذ عينات محلول ملحي قبل المرشح وبعده كما يبين الجدول (1) نتيجة تحليل العينات المأخوذة مثل العكارة NTU ، pH ، تركيز شوارد الكالسيوم والمغنزيوم :

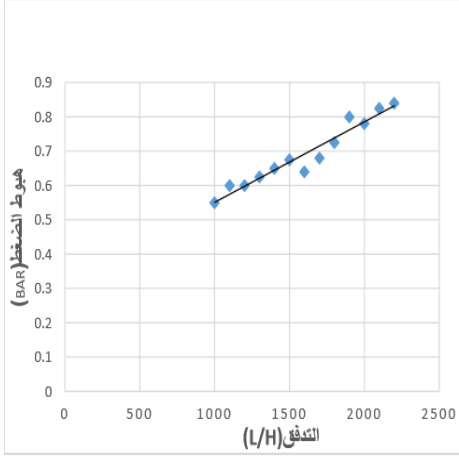
الجدول (1) نتائج تحليل عينات المحلول الملحي في الدراسة

الموصفة	المرشح 0.5 ميكرون		المرشح 1 ميكرون		المرشح 5 ميكرون		المرشح 10 ميكرون	
	قبل المرشح	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
NTU	3.4	0.5	3.9	0.7	3.3	1.2	3.4	1.6
TSS(PPM)	1.2	0.4	1.3	0.6	1.6	1	1.3	1.2
Ca ⁺⁺ (PPM)	5	4.7	5	4.7	0.5	0.5	0.5	0.5
Mg ⁺⁺ (PPM)	4.4	4.3	4.4	4.3	11.8	11	14	14
pH	11	11	10	10	11	11	11	11
NaCl(g/l)	320	320	320	320	320	320	320	320

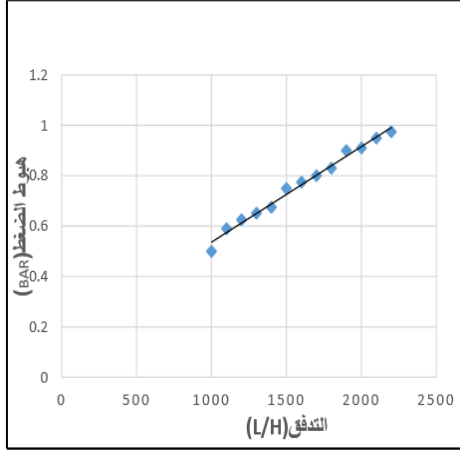
2. تأثير العوامل التشغيلية على العملية المدروسة:

أولاً- تأثير تغيير التدفق على هبوط الضغط:

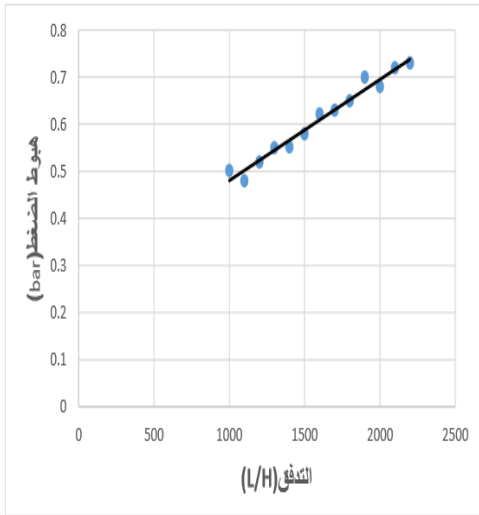
لقد قمنا باختبار أربع أنواع من الاغشية (10-5-1-0.5) ميكرون الاختبارات لمعرفة هبوط الضغط عبر الاغشية كما يوضح الشكل (6) العلاقة البيانية بين التدفق وهبوط الضغط للغشاء 0.5 ميكرون حيث يتم تجريب الغشاء وضبط التدفق بواسطة flowmeter بدءاً من 1000 L/h حتى 2200 L/h ويتم تسجيل قيمة الضغط قبل الغشاء وبعده ومن ثم حساب فرق الضغط ، نلاحظ انه بزيادة التدفق يزداد هبوط الضغط حتى يصل 1 bar وهنا يجب التوقف عن الزيادة لاحتمالية حدوث التمزق للغشاء حسب توصيات الشركة المصنعة ، تظهر الأشكال (9-8-7-6) العلاقة بين التدفق وهبوط الضغط للأغشية المتبقية تبعاً.



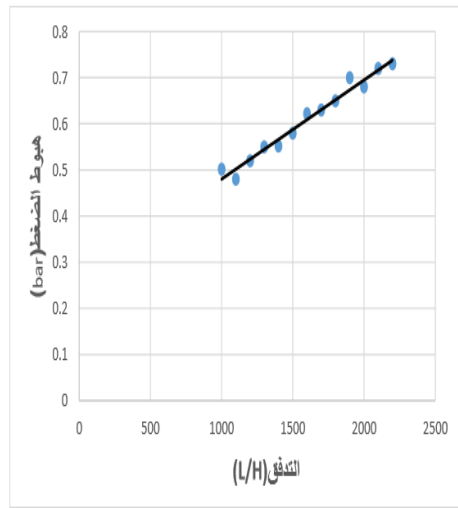
الشكل (7): اختبار الغشاء 1ميكرون



الشكل(6): اختبار الغشاء 0.5 ميكرون



الشكل (9): اختبار الغشاء 10 ميكرون

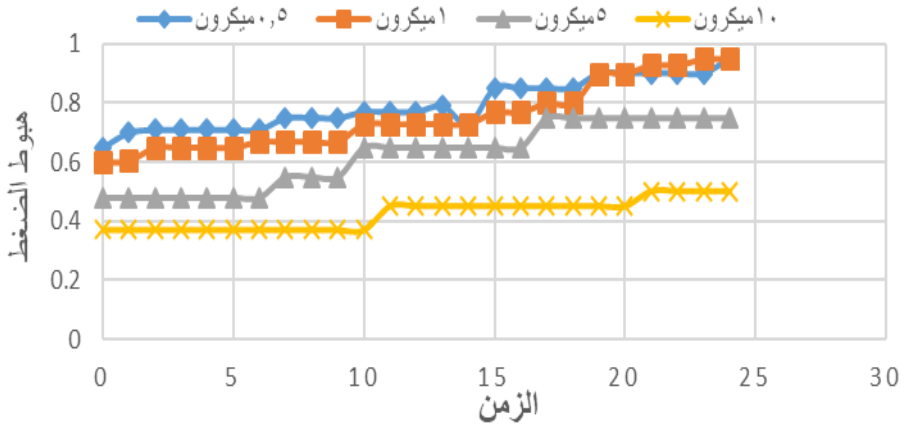


الشكل (8): اختبار الغشاء 5 ميكرون

ثانياً- تأثير تغير هبوط الضغط مع الزمن:

تم اختبار الاغشية الأربعة وتشغيلها لمدة 24 ساعة عند تدفق 1300 L/H (لضمان استمرار عمل الوحدة ولأن قيم فرق الضغط تبدأ عندها صغيرة وبالتالي صرف الطاقة اقل ما يمكن) وتسجيل

تغيير الضغط مع الزمن، وبناءً على هذه القيم تم رسم الشكل (10) الذي يمثل علاقة هبوط الضغط مع الزمن للأغشية الأربعة :



الشكل (10) علاقة هبوط الضغط بالزمن

مع مرور الزمن يزداد هبوط الضغط للأغشية الأربعة حيث يبدي الغشاء 0.5 ميكرون تغيراً في هبوط الضغط بعد مرور اول ساعة تجريبية ، بينما الغشاء 1 ميكرون بعد مرور 3 ساعات تشغيلية ، لكنه يستمر لمدة 10 ساعات تشغيلية دون تغير في هبوط الضغط ، كما ان العملية مستمرة ولم يتم غسل المرشحات خلال فترة التجريب، كما يظهر في الجدول (2).

الجدول (2) تغيير الضغط مع الزمن

الغشاء	بدء هبوط الضغط
0.5ميكرون	بعد مرور 1 ساعة تشغيلية
1ميكرون	بعد مرور 3 ساعات تشغيلية
5 ميكرون	بعد مرور 6 ساعات تشغيلية
10ميكرون	بعد مرور 10 ساعات تشغيلية

ثالثاً. تأثير المعلقات الصلبة على العملية المدروسة:

تعتبر العكارة NTU من المؤشرات الهامة في تحديد كفاءة المرشحات المستخدمة ويتم حساب كفاءة الترشيح من خلال العلاقة :

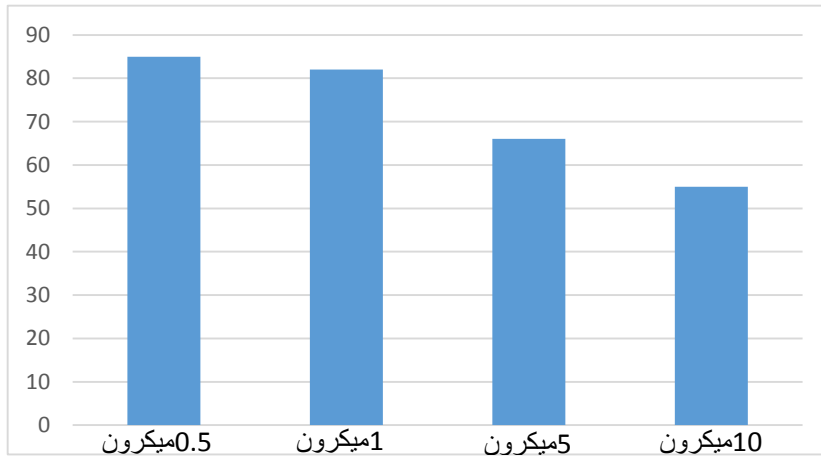
$$R\% = (1 - C_0/C_1) * 100$$

حيث C_0 تركيز المعوقات بعد المرشح ، C_1 تركيز المعوقات قبل المرشح
يمثل الجدول (3) نتيجة كفاءة عملية الترشيح لكل غشاء حيث يظهر أن الغشاء 0.5 والغشاء 1
ميكرون ذات كفاءة % (82-85) .

الجدول (3): نتائج كفاءة عملية الترشيح

الكفاءة (%)	الغشاء (μm)
85	0.5
82	1
66	5
55	10

قمنا بتمثيل النتائج التجريبية بيانياً كما يوضح الشكل (11) حيث نلاحظ كلما ازداد قطر المسام
الوسطي قلت كفاءة عملية الترشيح.



الشكل(11): التمثيل البياني لكفاءة عملية الترشيح للأغشية الأربعة

مقارنة بين نتائج البحث والدراسات المرجعية:

بينت نتائج الدراسة ان أفضل أداء يتحقق عند استخدام غشاء 1 ميكرون ، وبلغت كفاءة الازالة %82 ، في حين وصلت الى %85 عند 0.5 ميكرون الا ان 0.5 ميكرون ترافق مع هبوط الضغط وانخفاض العمر التشغيلي ، مما يجعل الغشاء 1 ميكرون هو الأنسب . مقارنة مع الدراسات السابقة:

تتفق هذه النتائج مع دراسة (Madaeni & Kazemi (2007 التي اشارت الى ان استخدام تقنية الأغشية في معالجة المحلول الملحي تحقق كفاءة إزالة مرتفعة قد تصل الى %98 عند استخدام تقنيات أدق مثل Nanofiltration ، إلا ان ذلك يتطلب ضغوط تشغيل اعلى وتكاليف اكبر .

كما تتفق مع دراسة (Zong et al.(2013 التي اكدت ان الترشيح الدقيق فعال في إزالة رواسب $Mg(OH)_2$ وان كفاءة الازالة تتراوح بين %70-99 تبعاً لقطر المسام الوسطي وظروف التشغيل .

أظهرت الدراسة الحالية انخفاضاً واضحاً في قيم العكارة NTU بعد الترشيح وانخفاض قيم TSS الى قيم مطابقة للصناعة وذلك بالنسبة للغشاء 1ميكرون .

أشارت دراسة (Abu Bakar et al.(2017 الى ان خفض العكارة والمعلقات الصلبة يعد عاملاً اساسياً في تحسين كفاءة المبادلات الشاردية ويقلل التلوث (Fouling) ، وهو ما تدعمه نتائج هذا البحث .

كما تتوافق النتائج مع دراسة (Khan et al.(2015 التي اكدت ان المعالجة الغشائية قبل المبادلات الشاردية تقلل من انسداد المبادلات الشاردية وتحسن الاستقرار التشغيلي للعملية . أظهرت نتائج هذه الدراسة ان هبوط الضغط يزداد بازدياد التدفق وينقصان حجم مسام الغشاء ، حيث سجل الغشاء 0.5 ميكرون أعلى قيم هبوط ضغط مقارنة بالأغشية الأخرى ، مما يؤثر سلباً على العمر التشغيلي .

تتفق هذه النتائج مع ما ذكره (Zong et al.(2013 حول العلاقة الطردية بين التراكم السطحي (Fouling) وهبوط الضغط في الاغشية ذات المسام الصغير .

كما تدعم نتائج الدراسة (Madaeni & Kazemi (2007 التي أشارت الى ان اختيار الغشاء الأمثل يجب ان يوازن بين كفاءة الازالة ومتطلبات التشغيل الاقتصادية .

أثبتت الدراسة الحالية أن المحلول الملحي الناتج بعد الترشيح باستخدام الغشاء 1 ميكرون يحقق القيم المطلوبة من حيث تركيز أيونات الكالسيوم والمغنزيوم ، والعكارة ، مما يجعله مناسباً للاستخدام في صناعة الكلور دون تأثير سلبي على المبادلات الشاردية او خلايا التحليل الكهربائي .

تتوافق هذه النتائج مع تقرير IPPC(2001) الذي شدد على ضرورة خفض الشوارد المسببة للتكلس قبل دخول المحلول الملحي الى خلايا التحليل الكهربائي ، وان خفض قيم العكارة بين (1-0.2) يضمن ان يستمر المبادل الشاردي عمله دون مشاكل تشغيلية.

6- الاستنتاجات والتوصيات Recommendations and Conclusion

- (1)- أظهرت الدراسة أن استخدام أغشية الترشيح الدقيق كمرحلة تمهيدية لمعالجة المحلول الملحي في صناعة الكلور يعد خياراً فعالاً تقنياً واقتصادياً.
- (2)- أظهر تحليل NTU العكارة وهو المؤشر الأكثر استخداماً في الأغشية وعمليات الفصل أن الغشائين (1-0.5) حققا شروط ومواصفات العملية ، ووصلت كفاءة الترشيح الى قيمة تتراوح ما بين 82%، 85% لكلا الغشائين المدروسين على التوالي ، في حين ان الاغشية ذات الأقطار 5 و 10 ميكرون لم تعط مواصفات المحلول الملحي اللازم لصناعة الكلور .
- (3)- تم تحديد التدفق التشغيلي الأمثل لعبور المحلول الملحي عبر الغشاء ال 1 ميكرون بقيمة 1300 L/H دون ظهور مؤشرات انسداد متسارع ويحقق توازناً بين استمرارية التشغيل وكفاءة الأداء واطالة عمر التشغيل .
- (4)- بينت الدراسة أن ساعات عمل الغشاء المدروس كانت عشرة ساعات تشغيلية .
- (5)- وفقاً للنتائج السابقة يوصى باختيار الغشاء 1 ميكرون كخيار أمثل حيث حافظ على استقرار فرق الضغط وعمر تشغيلي مناسب ومواصفات للمحلول الملحي .

References:

1. Brien .T.F. , Bommaraju .T.V., Hine F.,2005- Handbook of Chlor-Alkali Technology., Springer, vol(5),New York, 1500p.
2. Executive Summary of Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) in Chlor-Alkali manufacturing industry, European Commission, European IPPC Bureau, December,(2001)
3. Madaeni .S.S. , Kazemi .V. ,2007, Treatment of saturated brine in chlor alkali process using membranes ,Science Direct vol 61 , p 68-74
4. Zong,Z.LI,F.Xing,W,2013- fouling formation and removal in the microfiltration of Mg(OH)₂ suspension with ceramic membrane, sciencedirect ,Desalination 325(2013)132-137.
5. J.R.Khan,S.Muhammad,N.Feroze,S.M.A.Bukhari,Y.Khurshid,A.W. Malik,2015, Brine purification for chlor –alkali production based on membrane technology ,pak.J,Engg . & Appl .sci Vol 16 (p17-24).
6. Bakar ,M.A. Ahmad ,Abu, Harun A.,M., Sensitivity analysis for optimization of brine purification process ,2017 vol 56, AIDIC ,236-240.
7. Khayet, M., 2017-Membrane technologies for brine treatment and membrane reuse. PhD thesis, Madrid Spain

8. الضاهر، وروود. ناصر، هاجر، 2023 - توصيف الملح المستثمر من سيخة

الموح في تدمر، مجلة جامعة حمص ، المجلد45، العدد4، 123-142.

تأثير طريقة تلميم ثمار القبار على محتواها من الروتين

إشراف : د. عامر محمود الشيخ ، مشاركة : د. محمد صفا زودة

تقديم الطالبة : زهراء المحمد عيد

الملخص

يُعد الروتين Rutin أحد أبرز الفلافونويدات ذات الأهمية البيولوجية والطبية نظراً لخصائصه المضادة للأكسدة والالتهابات، إضافةً إلى إمكاناته الصيدلانية. في هذا البحث جرى استخلاص الروتين من نبات القبار *Capparis spinosa L* باستخدام جهاز سوكسليه Soxhlet مع الإيثانول كمذيب أساسي. شملت الدراسة نوعين من العينات: عينات طازجة وأخرى محفوظة بالملح، وذلك لتقييم تأثير المعالجة المسبقة على كفاءة الاستخلاص. بعد عملية الاستخلاص والتركيز، تم تحديد محتوى الفلافونويدات الكلية، مع التركيز على الروتين كمركب رئيسي باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). أظهرت النتائج وجود فروق ملحوظة في كمية الروتين في العينات الطازجة والمحفوظة بالملح، حيث تبين أن محتوى الروتين في العينات الطازجة $97.64 \mu g/kg$ وهو أعلى بكثير من محتواه في العينات المحفوظة بالتلميح والتي كانت $3.71 \mu g/kg$. تشير النتائج إلى أن طبيعة العينة وظروف حفظها تلعب دوراً هاماً في كفاءة استخلاص المركبات الفعالة، مما يعزز أهمية اختيار الظروف المثلى عند إجراء الدراسات الصيدلانية والدوائية.

الكلمات المفتاحية

الروتين، الفلافونويدات، القبار، سوكسليه، الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء.

The Effect of Caper Buds Salting Method on their Rutin Content

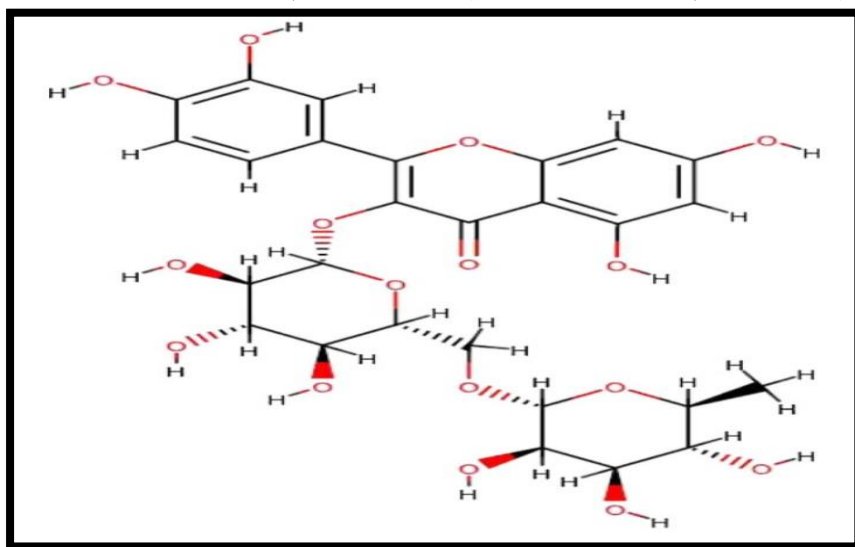
Abstract

Rutin is one of the most important flavonoids due to its remarkable antioxidant, ante-inflammatory, and pharmaceutical properties. In this study, rutin was extracted from *Capparis spinosa* L. using Soxhlet extraction with ethanol as the primary solvent. Two types of samples were investigated: fresh material and salt-preserved samples, in order to evaluate the effect of preservation on extraction efficiency. Following extraction and concentration, the total flavonoid content was determined, with a particular focus on rutin as the major active compound, identified and confirmed by High-Performance Liquid Chromatography technique (HPLC). The results revealed significant differences in rutin content between the two sample types, with fresh samples containing considerably higher amounts of rutin compared to the salt-preserved ones. These findings highlight the critical role of sample type and preservation conditions in the efficiency of bioactive compound extraction, underlining their importance in selecting optimal conditions when conducting pharmaceutical and biomedical studies.

Key words: Rutin, flavonoids, *Capparis spinosa L*, Soxhlet, High-Performance Liquid Chromatography

المقدمة

تُعد الفلافونويدات مجموعة من المواد الطبيعية ذات التركيب الفينولية المتنوعة المنتشرة في النباتات، وتلعب الفلافونويدات دوراً هاماً في الأنشطة البيولوجية في النباتات والحيوانات. ففي النباتات تُعد الفلافونويدات المسؤولة عن لون ورائحة الأزهار. وتعتبر الفلافونويدات الآن عنصراً أساسياً في عدد من التطبيقات الغذائية والصيدلانية والطبية، ويُعزى ذلك إلى خصائصها المضادة للأكسدة والالتهابات والطفيليات والفيروسات، بالإضافة إلى قدرتها على تعديل وظائف الإنزيمات الخلوية الرئيسية [1]. ويُعد الروتين من أبرز مركبات الفلافونيدات، حيث أظهرت العديد من الدراسات أهميته في دعم الجهاز الدوري وتعزيز مقاومة الجسم للإجهاد التأكسدي [2].



الشكل (1) البنية الكيميائية للروتين [3]

يُعد نبات القبار من النباتات البرية التي تنتمي إلى فصيلة القباريات، وينمو بشكل رئيسي في المناطق الجافة والصحراوية. يعتبر الموطن الأصلي لهذا النبات مناطق البحر الأبيض المتوسط وآسيا الصغرى، كما أن القبار يُزرع في بعض الأماكن لأغراض تجارية، خاصةً لاستخلاص مركباته الكيميائية الفعالة التي تُستخدم في الصناعات الدوائية والتجميلية، وهو ما يزيد من أهميته الاقتصادية في العديد من الدول التي تُزرع فيها هذه النبتة [4].

يُعد نبات القبار مصدراً غنياً بالعديد من المركبات الكيميائية الفعالة بيولوجياً، والتي تُسهم في خصائصه العلاجية والتطبيقية المتعددة. فقد أظهرت دراسة المواد الكيميائية النباتية أن أجزاء مختلفة من هذا النبات مثل الجذور، الأوراق، الأزهار، والثمار، تحتوي على مركبات ذات نشاط بيولوجي مميز [5].

في هذا البحث، تمّ التركيز على مقارنة محتوى الروتين بين عينات من نبات القبار الطازجة وأخرى محفوظة بالملح بتركيز 40% وذلك بهدف دراسة تأثير طريقة الحفظ على تراكيز المركبات الفعالة. ولتحقيق ذلك، تم اعتماد تقنية الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء كأداة تحليلية دقيقة لقياس تركيز الروتين ومقارنته بين العينات المختلفة، نظراً لما تمتاز به هذه التقنية من دقة وحساسية عالية في الفصل والتقدير الكمي للمركبات الطبيعية.

وقد أُجريت العديد من الدراسات لتقييم تأثير طريقة التخزين بالملح على المكونات الفعالة في نبات القبار، وبشكل خاص مركب الروتين. فقد أوضح Özcan و Akgün عام (1999) أن حفظ براعم القبار في محاليل ملحية بتركيزات تتراوح بين 10 - 20% من كلوريد الصوديوم يُعد من أكثر الطرق شيوعاً لتخزين القبار لفترات طويلة، إذ ساهمت هذه الطريقة في الحفاظ على الخصائص الفيزيائية للمنتج، مما يجعلها

وسيلة فعالة للحفاظ. إلا أن الدراسة لم تتطرق إلى التغييرات الكيميائية التي قد تطرأ على المركبات الفينولية أو الفلافونويدية أثناء التخزين [6].

في المقابل تناولت دراسة Cincotta وآخرون عام (2022) تطوير عمليات تمليح وتجفيف مبتكرة لثمار القبار، وأشارت النتائج إلى أن المعالجة بالملح أدت إلى انخفاض نسبي في بعض المركبات الفينولية مقارنةً بالعينات الطازجة، مما يدل على أن الملوحة العالية قد تؤثر على ثبات المركبات الحيوية [7].

كما أظهرت دراسة Fotiadou وآخرون عام (2023) مقارنة شاملة لعينات من نبات *Capparis spinosa L* من جزر Cyclades اليونانية خضعت لثلاث طرق حفظ مختلفة: التجفيف الهوائي، التخزين في محلول ملحي، وإزالة الملح بعد التمليح. وأوضحت النتائج باستخدام تقنية الكروماتوغرافية الطبقيّة عالية الأداء (HPTLC) أن محتوى الروتين في العينات المملحة كان أقل بكثير ($11.51 - 19.53 \text{ mg/g}$) مقارنةً بالعينات المجففة أو المزالة الملح ($23.84 - 44.19 \text{ mg/g}$). وقد فسّر الباحثون هذا الانخفاض بإمكانية حدوث تحلل جزئي لمركبات الفلافونويد أو تأثر الوزن الجاف بوجود الملح خلال التخزين [8].

ومن خلال هذه النتائج يتضح أن طريقة الحفظ بالملح، رغم فعاليتها في إطالة مدة التخزين، قد تحدث تغييرات كيميائية تؤثر سلباً في تراكيز المركبات الفينولية والفلافونويدية، وعلى رأسها الروتين، مما يبرر أهمية دراسة تأثيرها كميّاً في ظروف مختلفة من التركيز ومدة التخزين.

هدف البحث

يهدف البحث إلى استخلاص وتحديد كمية مركب الروتين في براعم نبات القبار باستخدام جهاز الاستخلاص سوكسليه والإيتانول كمذيب، ومن ثم تحليل العينات باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء. كما يهدف إلى مقارنة محتوى الروتين بين العينات الطازجة والعينات المحفوظة بالملح، وتوضيح تأثير عملية الحفظ على ثبات وفعالية الروتين.

المواد وطرائق البحث

1. جمع العينات وتحضيرها

تم جمع نبات القبار من مناطق محددة في مدينة حماة خلال موسم الصيف. قُسمت العينات إلى نوعين:

- **عينات طازجة:** تم تنظيف البراعم الزهرية بعناية من الشوائب، وغُسلت بالماء المقطر قبل الاستخدام مباشرةً.
- **عينات محفوظة بالملح:** تمّ تغطية البراعم الزهرية بنسبة 40% ملح حسب طريقة حفظ تقليدية، وثُرّكت لمدة شهر قبل الاستخدام، ثمّ أُزيل الملح عن طريق الغسل بالماء المقطر.



2. المواد الكيميائية والكواشف

- المذيب: إيثانول $\leq 99.5\%$ من إنتاج شركة Sigma Aldrich
- المواد القياسية: الروتين.
- ملح كلوريد الصوديوم NaCl عالي النقاوة من إنتاج شركة Merck
- ماء مقطر لتحضير المحاليل.
- جميع المواد الكيميائية الأخرى كانت من درجة التحليل (Analytical grade).

3. طريقة الاستخلاص [9]

- تم وزن 100g من كل عينة (طازجة أو مملحة بعد الغسل).
- وُضعت العينات في جهاز ساكسولييه (Soxhlet apparatus) مع 80 ml من الإيثانول كـمذيب.

- مدة الاستخلاص:
 - ✓ العينات الطازجة: 6 ساعات عند درجة غليان المذيب.
 - ✓ العينات المملحة: 9 ساعات عند درجة غليان المذيب.
- بعد الاستخلاص، ركز المستخلص تحت ضغط منخفض باستخدام جهاز Rotary Evaporator عند 40°C للحصول على مستخلص مركز.



الشكل (3) عملية الاستخلاص باستخدام ساكسوليه

4. التحليل الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء [10]

- العمود: $C 18, 150 \times 4.6 \text{ mm}, 5\mu\text{m}$.

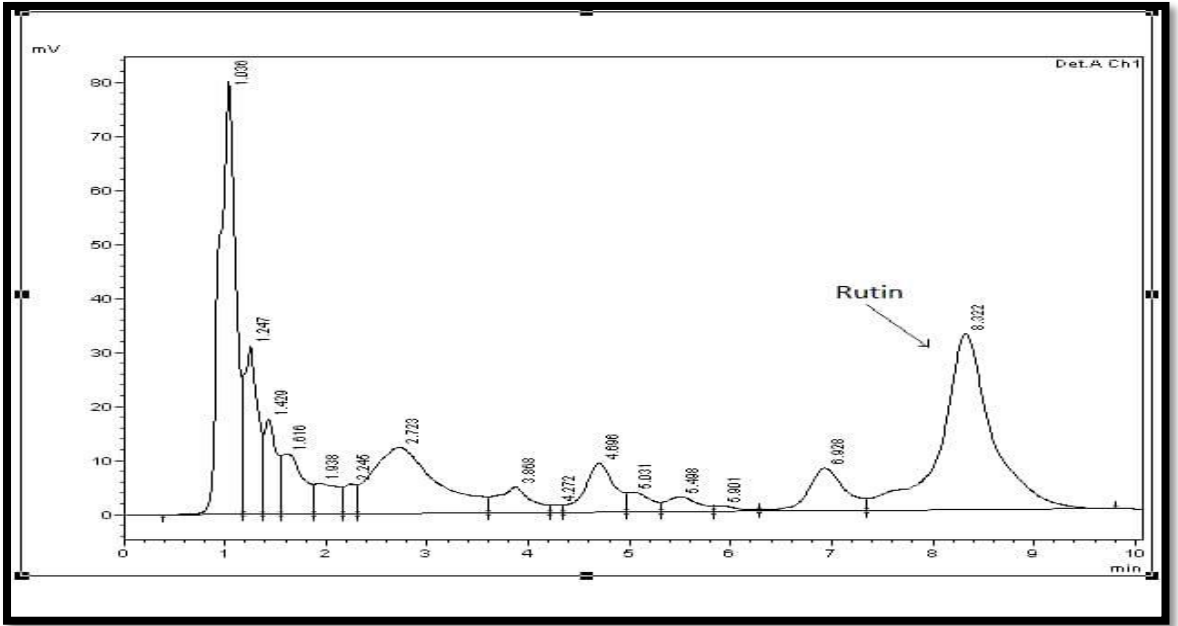
- الطور المتحرك: محلول مائي (حمض الفوسفوريك 0.1%) وميتانول (30 V/V: 70).
- تدفق الطور المتحرك: 1.0 ml/min.
- درجة الحرارة: 25°C.
- الكشف: الطيف عند طول الموجة 250 nm.
- العينة: المستخلصات المذابة في الإيثانول مرشحة بواسطة فلتر 0.45 µm قبل الحقن.
- كمية الحقن: 20 µL لكل تحليل [10].
- 5. المعايرة والتحليل الكمي
- تم إعداد منحنى معايرة للروتين باستخدام محاليل قياسية بتركيزات مختلفة (5 – 100 µg/ml).
- تم حساب تركيز الروتين في كل مستخلص باستخدام المعادلة الخطية لمنحنى المعايرة.
- أجري كل تحليل ثلاث مرات لضمان الدقة والتكرارية.

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج التحليل الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء (HPLC) وجود فروق واضحة في محتوى الروتين بين العينات الطازجة والعيّنات المحفوظة بالملح.

• العينات الطازجة

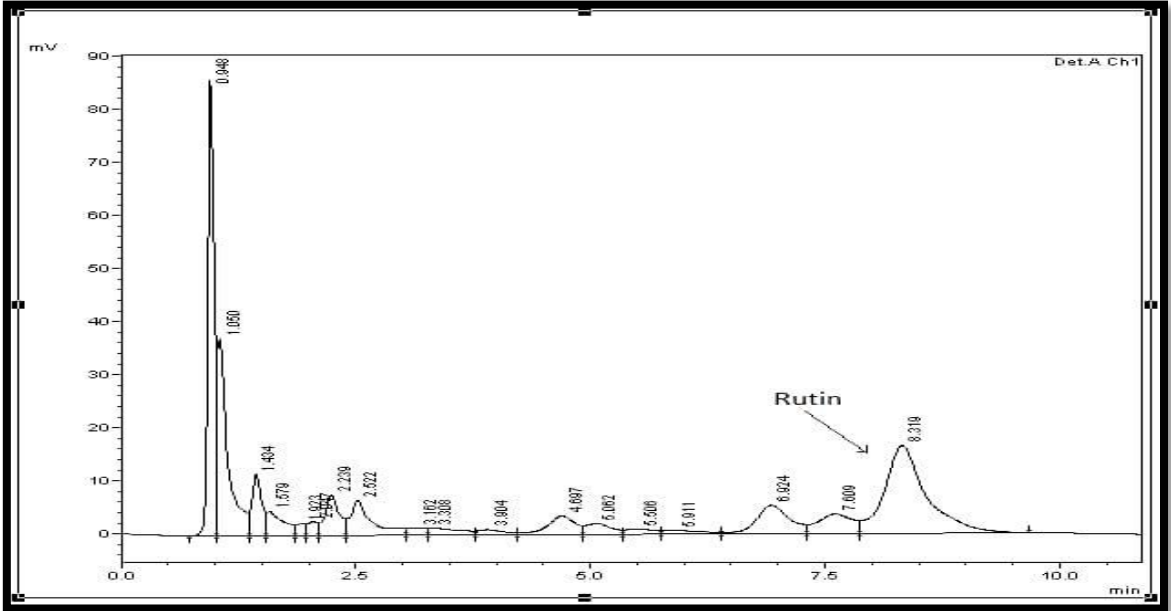
تميزت بقمة واضحة للروتين عند زمن احتجاز يقارب 7.0 min مع مساحة قمة مرتفعة كما هو موضح بالشكل (4)، مما يعكس وفرة المركب في البراعم الزهرية الطازجة. كما ظهرت قمم ثانوية أخرى تشير إلى وجود مركبات فينولية وفلافونويدية إضافية.



الشكل (4) يوضح قمة الروتين في العينات الطازجة باستخدام HPLC

• العينات المملحة

أظهرت انخفاضاً ملحوظاً في ارتفاع قمة الروتين، مع انزياح بسيط في زمن الاحتجاز (8.2 min) كما هو موضح في الشكل (5) ويُعزى هذا الانخفاض إلى التأثيرات الناتجة عن عملية الحفظ بالملح، والتي قد تؤدي إلى تفكك أو تحلل جزئي للروتين، أو إلى استخلاص بعض مكوناته بفعل التفاعلات الأسموزية أثناء التحليل.



الشكل (5) يوضح قمة الروتين في العينات المملحة باستخدام HPLC

• المقارنة بين العينات

يتضح من الجدول (1) أدناه أن تركيز الروتين في العينات الطازجة أعلى بكثير من العينات المملحة، وهو ما يشير إلى أن عملية الحفظ بالملح تؤثر سلباً على ثباتية الفلافونيدات، مما يقلل من فعاليتها البيولوجية.

الجدول (1) تركيز الروتين في عينات القبار

تركيز الروتين ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	نوع العينة
97.64	الطازجة
3.71	المملحة

أظهرت نتائج التحليل الكروماتوغرافي باستخدام HPLC أن براعم نبات القبار الطازجة تحتوي على تركيز مرتفع من الروتين ($97.64 \mu\text{g}/\text{kg}$) بينما انخفض تركيزه بشكل ملحوظ في العينات المملحة ليصل إلى ($3.71 \mu\text{g}/\text{kg}$).

يمكن تفسير هذا التباين الكبير بين العينتين بعدة عوامل:

1. **تأثير عمليات الحفظ بالملح:** المعالجة بالملح تؤدي إلى حدوث تغيرات كيميائية في المركبات الفينولية، بما في ذلك الفلافونويدات مثل الروتين. هذه العملية قد تسبب أكسدة أو تحلل إنزيمي للمركبات الفعالة، مما يقلل من كميتها بالمنتج النهائي [6].

2. **ذوبان الروتين في محلول الملح:** تشير بعض الدراسات إلى أن الفلافونويدات قد تكون عرضة للذوبان في محاليل الحفظ، مما يفسر فقدان جزء كبير منها عند نقع البراعم في محلول ملحي عالي التركيز 40% [11].

3. **فترة التخزين:** طول فترة بقاء البراعم المملحة في ظروف غير مثالية (مثل التعرض للحرارة أو الضوء) قد يسرع من عملية التحلل، وهو ما ينسجم مع دراسات سابقة أوضحت أن تخزين النباتات الطيبة في ظروف غير محكمة يقلل من محتواها من المركبات الفعالة [11].

تشير النتائج المستخلصة من الدراسات العملية المختلفة إلى جانب النتائج العملية لهذه الدراسة، إلى أن عملية الحفظ بالملح (pickling) تُعد من أكثر طرق الحفظ شيوعاً لبراعم نبات القبار، إلا أنها تُحدث تغيرات ملحوظة في التركيب الكيميائي للمركبات الفعالة، وعلى وجه الخصوص مركب الروتين الذي يُعتبر من أبرز الفلافونويدات ذات الأهمية الدوائية.

لقد بينت معظم الأبحاث أن محتوى الروتين في براعم القبار الطازجة يكون أعلى مقارنةً بنظيراتها المحفوظة بالملح، حيث أظهرت دراسة باستخدام أن الحفظ بالملح يؤدي إلى انخفاض كبير في الفينولات الكلية ومركب الروتين تحديداً مقارنةً مع العينات الطازجة. كما أوضحت دراسة أخرى على القبار التجاري المخلل أن محتوى الروتين قد انخفض بنسبة تقارب 33% بعد التمليح، ويرتبط ذلك جزئياً بحدوث تحولات إنزيمية وميكروبية خلال عملية التخليل، مما يؤدي إلى تحول جزء من الروتين إلى مركبات أخرى مثل الكيرسيتين الذي يمتلك بدوره نشاطاً بيولوجياً مهماً [7,8,9].

من الناحية التطبيقية، ورغم أن عملية الحفظ بالملح تساهم بشكل فعال في إطالة فترة صلاحية براعم القبار وإتاحتها للاستهلاك على مدار العام، إلا أن هذا يأتي على حساب انخفاض تركيز الروتين وفعاليتيه الحيوية. وعليه، فإن نتائج هذه الدراسة مدعومة بالأدبيات العلمية السابقة، تؤكد أن الاختيار بين الاختيار بين استهلاك القبار الطازج أو المحفوظ يجب أن يُبنى على التوازن بين الفوائد الغذائية والقيمة الدوائية من جهة، والحاجة إلى الإطالة التخزينية وضمان التوفر التجاري من جهة أخرى.

وعليه يمكن القول إن الروتين، رغم انخفاض نسبته في القبار المملح، يبقى حاضراً بكمية معتبرة تتيح للقبار المحفوظ الاستمرار كمصدر طبيعي مهم للفلافونويدات ذات النشاط الحيوي. غير أن الطازج يظل الخيار الأمثل للحصول على أقصى فائدة غذائية ودوائية [8,12].

الاستنتاجات والتوصيات

نورد فيما يلي مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات المتعلقة بالبحث وهي:

- أظهرت نتائج التحليل الكروماتوغرافي أن براعم القبار الطازجة تحتوي على أعلى تركيز من مركب الروتين مقارنةً بالعينات المحفوظة بالملح.
- عملية الحفظ بالملح تؤثر سلباً على استقرار المركبات الفعالة. مما يؤدي إلى انخفاض كميتها وقيمتها البيولوجية الفعالة.
- رغم الانخفاض الملحوظ، إلا أن الروتين مازال حاضراً في القبار المملح بتركيز يمكن اعتباره ذات أهمية غذائية ودوائية.
- يوصى باستهلاك القبار الطازج قدر الإمكان للاستفادة المثلى من محتواه الفلافونويدات، وعلى رأسها الروتين.
- هناك حاجة لتطوير طرق حفظ بديلة (مثل التجفيف) تساهم في الحفاظ على فعالية الروتين في العينات النباتية.
- يُقترح إجراء دراسات مستقبلية تشمل تقييم مركبات أخرى ذات نشاط بيولوجي في القبار وربطها بالطرق المختلفة للحفظ والمعالجة.
- يمكن توظيف القبار كمصدر طبيعي للفلافونويدات في الصناعات الصيدلانية لإنتاج مستحضرات دوائية مضادة للأكسدة، وكذلك في الصناعات الغذائية لإنتاج منتجات ذات قيمة صحية مضافة.

المراجع

1. Dias, M. C., Pinto, D. C. G. A., & Silva, A. M. S. 2021. Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. *Molecules*, 26(17), 5377.
2. Zheng, H. & Ma, Z. F. 2018. Phytochemical and Pharmacological Properties of *Capparis spinosa* as a Medicinal Plant. *Nutrients*, 10(2), 116.
3. Ganeshpurkar, A. & Saluja, A. K. 2017. The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi pharmaceutical journal* 25(2), 149-164.
4. Pendyala, V. Suryadevara, V. Jasti, T. & Krothapalli, L. 2016. Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Capparis Zeylanica* stem extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 5(6), 85.
5. Olas, A. 2023. The Current State of Knowledge about the Biological Activity of Different Parts of Capers. *Nutrients* 15(3),623.
6. Özcan, M. & Akgül, A. 1999. Storage quality in different brines of pickled capers (*Capparis spp.*). *Grasas y Aceites*, 50(1), 51-54.
7. Cincotta, F. Merlino, M. Verzera, A. Gugliandolo, E. & Condurso, C. 2022. Innovative process for dried Caper (*Capparis*

spinosa L.): Technological and quality aspects. Foods, 11(21), 3387.

8. Fotiadou, E. Cheilari, A. Graikou, K. & Chinou, I. 2025. Comparative Study by *HPTLC* of Selected *Capparis spinosa* Samples (Buds and Leaves) from the Cycladic Islands in Greece. Food 14(10), 1827.

9. Redfern, J. Kinninmonth, M. Burdass, D. & Verran, J. 2014. Using Soxhlet Ethanol Extraction to Produce and Test Plant Material (Essential Oils) for Their Antimicrobial Properties. Journal of Microbiology & Biology Education, 15(1), 45-46.

10. Bhati, C. Minocha, N. Purohit, D. Kumar, S. Makhija, M. Saini, S. Kaushik, D. & Pandey, P. 2022. High Performance Liquid Chromatography: Recent Patents and Advancement. Biomedical and Pharmacology Journal, 15(2), 729-746.

11. Gião, M. S. Pereira, C. I. Pintado, M. E. & Malcata, F. X. 2013. Effect of technological Processing upon the antioxidant capacity of aromatic and medicinal plant infusions: From harvest to Packaging. LWT-Food Science and Technology 50(1), 320-325.

12. Kaşıkçı, M. B. & Bağdatlıoğlu, N. 2024. Bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity in raw and pickled capers. Journal of Food Science and Technology 61(1), 106-116.

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح

هبة شتور¹ ، محمد مصري²، شريف صادق³

المخلص

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح ذو نسبة استخراج 72% بنسب متفاوتة (5، 10، 15، 20، 25، 30)% على الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية. أظهرت النتائج أن إضافة دقيق الكينوا أدت إلى تغييرات تدريجية في خصائص الكيميائية. فقد بقي محتوى الرطوبة شبه ثابت عند نسب منخفضة (5-10)% ثم انخفض تدريجياً إلى 13.4% عند 30% كينوا، نظراً لانخفاض الرطوبة الأصلية لدقيق الكينوا مقارنة بالقمح. أما محتوى الرماد فقد سجل زيادة تدريجية من 0.66% إلى 1.26%، فيما ارتفع البروتين من 11.7% إلى 12.78% والألياف من 0.63% إلى 2.10% مع زيادة نسبة الكينوا، مما يعكس تحسين القيمة الغذائية للخلات. أظهر الغلوتين الرطب والجاف انخفاضاً تدريجياً مع زيادة نسبة الكينوا بسبب عدم احتواء دقيق الكينوا على غلوتين، وفشلت القياسات عند (20-30)% بسبب صعوبة فصل شبكة الغلوتين. كما تراجع دليل الغلوتين من 92.26% إلى 48.63% عند 25% كينوا، مما يشير إلى ضعف قدرة شبكة الغلوتين على الاحتفاظ بالغاز أثناء التخمير. الخصائص الريولوجية أظهرت النتائج زيادة تدريجية في مقاومة العجين للتمدد P من 108 إلى 165 mmH₂O، وانخفاض التمدد لمن 75 إلى 20 mm، مع ارتفاع نسبة P/L من 1.44 إلى 8.25 عند 25% كينوا، مما يعكس زيادة صلابة العجين وانخفاض مرونته نتيجة ضعف شبكة الغلوتين وتداخل بروتينات وألياف الكينوا، كما انخفضت طاقة التشوه W ودليل الانتفاخ G بشكل ملحوظ مع زيادة الكينوا، مما يشير إلى تراجع قدرة العجين على تحمل التمدد واحتجاز الغاز. وأظهرت قيم C1-C5 انخفاضاً تدريجياً مع زيادة الكينوا، حيث انعكس انخفاض C1 على تراجع تطور العجين، وانخفاض C2 على ضعف مقاومة الغلوتين للحرارة

والقص، في حين بينت قيم C3 و C4 تغييرات محدودة في تهلم النشاء ونشاط الأميلاز، أما C5 فدل على تباطؤ إعادة تبلور النشاء أثناء التبريد، ما يحسن قابلية التخزين عند نسب معتدلة. مما سبق نستنتج الاستنتاج أن إضافة دقيق الكينوا تحسن القيمة الغذائية للخلات من خلال زيادة البروتين، الألياف، والرماد، مع تأثير محدود على الرطوبة. ومع ذلك، تؤثر النسب العالية (15-20)% على قوة شبكة الغلوتين وخصائص العجين الريولوجية، مما يقيد استخدامها تكنولوجياً. وتعد نسب الإضافة (5-15)% مثالية لتحقيق توازن بين تحسين القيمة الغذائية والحفاظ على جودة العجين والمخبوزات.

الكلمات المفتاحية: دقيق القمح، دقيق الكينوا، الألفيوغراف، الميكسولاب.

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

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

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

Study of the effect of adding Quinoa flour on the Physicochemical and Rheological Properties of wheat flour

Heba Shatour¹, Mohamed Masry², Sharif Sadeq³

Abstract

This study aimed to investigate the effect of incorporating quinoa flour into wheat flour with an extraction rate of 72% at different substitution levels (5, 10, 15, 20, 25, and 30) % on the chemico-physical and rheological properties. The results showed that the addition of quinoa flour led to gradual changes in the chemical characteristics. Moisture content remained nearly constant at low substitution levels (5-10)% and then gradually decreased to 13.4% at 30% quinoa, due to the lower intrinsic moisture content of quinoa flour compared to wheat flour. Ash content increased progressively from 0.66% to 1.26%, while protein content increased from 11.7% to 12.78% and crude fiber from 0.63% to 2.10% with increasing

quinoa levels, reflecting an improvement in the nutritional value of the blends. A progressive reduction in wet and dry gluten contents was observed with increasing levels of quinoa flour substitution, attributable to the lack of gluten in quinoa flour. At substitution levels of 20–30%, gluten measurements could not be performed due to the inability to isolate a coherent gluten network.. Gluten index also declined from 92.26% to 48.63% at 25% quinoa, indicating a reduced ability of the gluten network to retain gas during fermentation. Regarding rheological properties, the results showed a gradual increase in dough resistance to extension (P) from 108 to 165 mmH₂O and a marked decrease in extensibility (L) from 75 to 20 mm, with a corresponding increase in the P/L ratio from 1.44 to 8.25 at 25% quinoa. This behavior reflects increased dough stiffness and reduced elasticity, attributed to gluten network weakening and the interference of quinoa proteins and fibers. In addition, deformation energy (W) and swelling index (G) decreased significantly with increasing quinoa levels, indicating a reduced capacity of the dough to withstand extension and retain gas. Mixolab parameters (C1–C5) showed a gradual decrease with increasing quinoa content. The reduction in C1 reflected decreased dough development, while the decrease in C2 indicated lower gluten resistance to heat and mechanical shear. C3 and C4 values showed limited changes in starch gelatinization and amylase activity, whereas C5 suggested a slowdown in starch retrogradation during cooling, which may improve storage stability at moderate substitution levels.

In conclusion, the addition of quinoa flour improves the nutritional value of the blends by increasing protein, fiber, and ash contents, with a limited effect on moisture. However, high substitution levels (≥ 15 –20%) adversely affect gluten network strength and dough rheological properties, limiting their technological applicability. Substitution levels of 5–15% are considered optimal to achieve a balance between enhanced nutritional value and acceptable dough and baked product quality.

Keywords: wheat flour, quinoa flour, alveograph, Mixolab.

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 دقيق الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd*) من المواد الغذائية ذات القيمة العالية، نظراً لاحتوائه على بروتينات ذات تركيب حمضي أميني متوازن، إضافة إلى الألياف الغذائية والمعادن والمركبات الفينولية، مقارنة بدقيق القمح التقليدي [6]. وقد أدى هذا الاهتمام المتزايد بالكينوا إلى توسيع نطاق استخدامها في الصناعات الغذائية، ولاسيما في المنتجات المخبوزة.

أظهرت العديد من الدراسات أن إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح تؤثر بشكل واضح في الخصائص الكيميائية والريولوجية للعجين، إذ تؤدي زيادة نسبة الإضافة إلى ارتفاع محتوى البروتين والألياف، مقابل انخفاض قوة شبكة الغلوتين نتيجة غياب بروتينات الغلوتين في الكينوا [23]. كما لوحظ أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا بنسب مرتفعة يؤدي إلى انخفاض مطاطية العجين وقابليته للتمدد، مما ينعكس سلباً على خصائص العجن والتخمير [12].

وبيّنت دراسات ريولوجية باستخدام أجهزة مثل الميكسولاب والألفيوغراف أن إضافة دقيق الكينوا تؤدي إلى انخفاض قيمة طاقة العجين (W) وزيادة مؤشر ضعف البروتين، نتيجة التداخل بين مكونات الكينوا وشبكة الغلوتين المتشكلة في دقيق القمح [21]. كما سجل انخفاض في قيم الثباتية وامتصاصية الماء عند ارتفاع نسب الإضافة، وهو ما يُعزى إلى اختلاف طبيعة البروتينات والنشاء في الكينوا مقارنة [26].

وبيّن [20] تأثير إضافة دقيق الكينو على لون، فكلما زادت نسبة الإضافة زادت قيم كل من l^* و b^* وانخفض a^* ، ويعود ذلك إلى أصبغة جنين الكينوا، حيث تؤثر الأصباغ في لون الدقيق والمنتجات النهائية [27].

من جهة أخرى، أظهرت بعض الدراسات أن الإضافة المعتدلة لدقيق الكينو (5-15)% يمكن أن تحافظ على خصائص العجين المقبولة، مع تحسين القيمة الغذائية للخبز الناتج دون تأثيرات سلبية كبيرة على الحجم النوعي أو القوام [22]، كما ساهمت هذه الإضافات في تحسين النشاط المضاد للأكسدة وخفض المؤشر الجلايسيمي للمنتجات المخبوزة [14].

بيّن [1] نتائج الاستبدال لدقيق القمح بدقيق الكينو بنسب استبدال قدرها (5,10,20,30)% وجود علاقة طردية بين قيم كل من محتوى الرماد والبروتين والدهون والألياف مع زيادة نسب الاستبدال بدقيق الكينو، كما لوحظ أيضاً ارتفاع المحتوى من المعادن بشكل واضح بارتفاع نسب الخلط عدا الزنك الذي لم يظهر أي فروق معنوية في كل العينات. وأشارت النتائج أيضاً ان زيادة نسبة الخلط من دقيق الكينو أدت الى خفض قوة ومرونة العجينة، وقيم الغلوتين الرطب والجاف وقيم زمن تطور العجينة وثباتيتها.

بناءً على ما سبق، يمكن الاستنتاج أن دقيق الكينو يمثل مكوناً واعداً لتحسين القيمة الغذائية لدقيق القمح، إلا أن نجاح استخدامه يعتمد على اختيار نسبة الإضافة المناسبة التي توازن بين الجودة التكنولوجية والفوائد الصحية للمنتج النهائي [26] ; [23]

2. هدف البحث: يهدف البحث إلى:

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة دقيق الكينو بنسب متفاوتة (5، 10، 15، 20، 25، 30%) إلى دقيق القمح ذو استخراج 72% على الخصائص الكيميائية واللونية والغلوتينية

والريولوجية للخلات، وذلك لتحديد النسب المثلى التي تعزز القيمة الغذائية للخلات دون التأثير سلباً على جودة العجين والمخبوزات، وتقديم توصيات عملية لاستخدام الكينوا في صناعة المنتجات المخبوزة الصحية.

3. مواد وطرائق البحث:

1,3، مواد البحث: أنجز البحث باستخدام :

1. - الدقيق: تم استخدام دقيق القمح ذو نسبة استخراج 72 % إنتاج الشركة العامة للمطاحن في سورية. وهو مُنتج وفق المواصفة القياسية السورية 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) ، حيث تم تنظيف حبوب الكينوا وتنقيتها من الشوائب والمواد الغريبة، ثم أُزيلت مادة السابونين باتباع الطريقة الموصوفة من قبل (Demin et al., 2013)، حيث غُسلت الحبوب بالماء مع الرج الشديد،

وأزيلت الرغوة الناتجة عن الغسيل مع تكرار عملية الغسل ثماني مرات حتى اختفاء الطعم المر المميز للسابونين. بعد ذلك جُففت الحبوب في درجة حرارة مناسبة، ثم طُحنت باستخدام مطحنة مخبرية، ونُخل الدقيق الناتج باستخدام مناخل بفتحات قطرها 250 ميكرومتر (μm) للحصول على دقيق متجانس. حُفظ دقيق الكينوا في أكياس من البولي إيثيلين محكمة الإغلاق إلى حين إجراء التحاليل المخبرية المطلوبة (32).

2,3، طرائق البحث:

1,2,3 اختبارات الدقيق الكيميائية :

تم تحديد مواصفات الدقيق وفق ما يلي:

- ❖ اللون: تم قياس لون الدقيق باستخدام جهاز قياس اللون-Konica Minolta CM-3500d (Japan) لتحديد إحداثيات اللون في نظام L^* , a^* , b^* ، حيث تشير الزيادة في قيمة L^* إلى زيادة السطوع، في حين تدل القيم المرتفعة لـ b^* على زيادة الاصفرار، والقيم المرتفعة لـ a^* على الميل نحو الاحمرار [30].
- ❖ الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين: تم تقدير قيم الغلوتين الرطب والغلوتين الجاف ودليل الغلوتين باستخدام جهاز Glutomatic، وفق الطريقة القياسية المعتمدة من AACC International رقم 38-12.02 [3]
- ❖ البروتين الكلي (%): قُدرت نسبة البروتين الكلي في عينات الدقيق باستخدام طريقة كداهل، وذلك بضرب نسبة الآزوت المقاسة بمعامل التحويل (5.7) للدقيق القمح و 5.85 للدقيق الكينوا) للحصول على نسبة البروتين الكلي، وفق الطريقة الرسمية المعتمدة من AOAC International رقم 979.09 [9].
- ❖ الألياف (%):
تم تقدير محتوى الألياف الخام في عينات الدقيق باستخدام طريقة وينده (Weende) التي تعتمد على الهضم المتسلسل بالحامض والقلوي وإزالة المركبات غير الليفية، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من AOAC، رقم 978.10 [8]
- 2,2,3 الاختبارات الفيزيائية:
- ❖ الرطوبة (%): تم تقدير نسبة الرطوبة في عينات الدقيق باستخدام فرن التجفيف عند درجة حرارة 105° م لمدة 60 دقيقة، وذلك وفق الطريقة القياسية المعتمدة من AACC International رقم 44-15.02 [3].
- ❖ الرماد (%): حُددت نسبة الرماد بحرق عينات الدقيق في المرمدة عند درجة حرارة تتراوح بين 575-590° م حتى الوصول إلى ثبات الوزن، حسب طريقة AACC International رقم 08-01.01 [3].
- 3,2,3 الاختبارات الريولوجية:

❖ خصائص الألفيوغراف: يُستخدم جهاز الألفيوغراف (Alveograph Chopin) لتقييم الخصائص الريولوجية للعجين من خلال قياس سلوكه أثناء النفخ، وذلك اعتماداً على المؤشرات الآتية:

- P: تمثل مقاومة العجين للتشوه، وتعبّر عن مدى قدرة العجين على احتجاز الغاز.
- L: تعبّر عن قابلية العجين للتمدد.
- P/L: تمثل التوازن بين المطاطية والليونة، وتُعد مؤشراً على سلوك شبكة الغلوتين.
- G: دليل انتفاخ العجين.
- W: طاقة التشوه، وتشير إلى العمل اللازم لنفخ العجين، وتُعد مؤشراً على قوة العجين. [4]; [11].

طريقة العمل:

1. تم وزن 250 غ من دقيق العينة المراد اختبارها، بعد تحديد نسبة رطوبتها.
2. أُضيف المحلول الملحي باستخدام السحاحة، مع تصحيح كمية الإضافة (140 مل) تبعاً لرطوبة العينة.
3. شُغل الجهاز وبدأت إضافة المحلول الملحي، وبعد مرور دقيقة من بدء التشغيل تم إيقاف الجهاز وتنظيف حوض العجن باستخدام سباتولا خاصة.
4. بعد الدقيقة الثانية أُعيد تشغيل الجهاز ليستمر العجن حتى الدقيقة الثامنة، حيث يتوقف الجهاز تلقائياً ويصدر إشارة تنبيه.
5. عُكست حركة العجن، ثم قُطعت خمس مكررات من العجين الناتج على شكل أقراص باستخدام أداة مخصصة.
6. تُركت المكررات في حجرة مخصصة للراحة عند درجة حرارة 25°م حتى الدقيقة 28 من بدء الاختبار.
7. نُفخت مكررات العجين بواسطة هواء معايير باستخدام مضخة الجهاز.

سجل الجهاز منحني ألفيوغراف لكل مكرر، ثم حُسبت القيم المتوسطة لمؤشرات P و L و P/L و G و W [3].

❖ خصائص الميكسولاب (Mixolab):

يستخدم جهاز الميكسولاب (Mixolab – Chopin Technologies) لدراسة الخصائص التكنولوجية والريولوجية للعجين، إذ يقيس تغير العزم (Torque) بدلالة الزمن ودرجة الحرارة خلال مختلف مراحل العجن والتسخين، مما يتيح توصيفاً متكاملًا لجودة الدقيق. ويشمل ذلك تقييم جودة البروتين من حيث الامتصاصية والثباتية ومرونة العجين وضعفه، إضافة إلى سلوك النشاء أثناء الجلتنة والتدهور، والتغيرات في اللزوجة الناتجة عن استخدام المواد المضافة، فضلاً عن النشاط الأنزيمي [4]; [11]. ومن أهم المؤشرات التي يحددها جهاز الميكسولاب:

– C1 تطور العجين (Dough Development) تعكس هذه القيمة قدرة الدقيق على امتصاص الماء وتكوين شبكة الغلوتين الأولية، أي مدى سرعة وصلابة العجين في مرحلة التكوين.

– C2 مقاومة الغلوتين للإضعاف (Protein Weakening): تشير إلى قوة الغلوتين واستقراره تحت تأثير الحرارة والقص، فكلما انخفضت قيمة C2 دل ذلك على ضعف شبكة الغلوتين أو تأكلها بشكل أسرع.

– C3 تهلم النشاء (Starch Gelatinization) تمثل قدرة النشاء على التورم وامتصاص الماء عند التسخين، أي المرحلة التي يتحول فيها النشاء إلى هلام قابل للمعالجة الحرارية.

– C4 نشاط إنزيم الأميلاز (Amylase Activity): تحدد مدى تفكك النشاء بواسطة إنزيم الأميلاز أثناء التسخين، وهو مؤشر على قوة العجين ومقاومته للإنزيمات.

– C5 إعادة تشكيل النشاء أثناء التبريد (Starch Retrogradation) : تعكس قدرة النشاء على إعادة التبلور بعد التبريد، وهو مرتبط بصلابة الرغيف ونضج المنتج النهائي وتأثير التخزين على القوام.

طريقة العمل

يُجرى اختبار الميكسولاب على مرحلتين كما يلي:

المرحلة الأولى

- تشغيل البرنامج الخاص بجهاز الميكسولاب وتفعيل خيار الاختبار.
- إدخال قيمة رطوبة العينة.
- إدخال قيمة الامتصاصية الأولية.
- اختيار تصحيح الرطوبة على أساس 14%.
- بعد أن يحسب البرنامج وزن العينة المطلوب، تُوزن العينة بدقة.
- يُعطى أمر التشغيل، وبعد بدء دوران أذرع العجانة تُضاف العينة الموزونة إلى حوض العجن.
- يقوم الجهاز بعملية العجن ويرسم منحنى بياني يبدأ من الصفر، وتستمر هذه المرحلة حتى وصول المنحنى إلى القيمة المتلى 1.1 نيوتن·متر.
- يُعد الاختبار أكثر دقة عندما تكون قيمة المنحنى عند 1.1، ويُعتبر مقبولاً إذا كانت ضمن مجال السماحية ± 0.05 .
- في حال عدم وصول المنحنى إلى الحد الأدنى المسموح (1.05) أو تجاوزه الحد الأعلى (1.15) يتم إيقاف الاختبار وإعادة الإجراء.

المرحلة الثانية

بعد إيقاف الاختبار، يُفك حوض العجين وأذرع العجن وتُنظف وتُجفف ثم يُعاد تركيبها. تُسجل قيمة العزم عند النقطة C1 من شاشة الحاسوب، ثم يُمسح الاختبار الأول ويُفتح اختبار جديد. في هذه المرحلة يتم اختيار حساب الامتصاصية، وإدخال قيمة العزم المسجلة في المرحلة الأولى، وقيمة الامتصاصية 55%، إضافة إلى رطوبة العينة المقاسة في الحقول المخصصة. بعدها يحسب الجهاز الوزن الجديد للعينة، وتُوزن

وُضُف إلى حوض العجن، وُيُسْتَكْمَل الاختبار كما في المرحلة الأولى، ليعمل الجهاز آلياً حتى نهاية الاختبار. تبلغ مدة اختبار الميكسولاب حوالي 45 دقيقة، وخلالها يقوم الحاسوب برسم المنحنى البياني الذي يمثل سلوك عينة الدقيق خلال جميع مراحل العجن والتسخين والتبري [11]; [21]

التحليل الإحصائي: تم إجراء 3 مكررات لجميع الاختبارات ثم التقييم الإحصائي للنتائج باستخدام برنامج Minitab17 (one way ANOVA).

4. النتائج والمناقشة:

1.4. المواصفات الكيميائية لخلائط الدقيق :

أظهرت نتائج الجدول (1) أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا بنسبة من 5% إلى 30% أدى إلى تغيرات واضحة في الخصائص الكيميائية للخلائط. فقد بقي محتوى الرطوبة شبه ثابت عند نسب منخفضة من الكينوا (5%-10%) ثم انخفض تدريجياً إلى 13.4% عند أعلى نسبة إضافة (30%)، ويُعزى هذا الانخفاض الطفيف إلى انخفاض الرطوبة الأصلية لدقيق الكينوا (10.2%) مقارنة بدقيق القمح (13.8%)، مما يقلل الماء الحر المتاح في الخلائط. أما محتوى الرماد فقد سجل زيادة تدريجية من 0.66% في دقيق القمح وحده إلى 1.26% عند نسبة 30% كينوا، مما يعكس ارتفاع المحتوى المعدني لدقيق الكينوا وتحسين القيمة الغذائية للخلائط. كذلك، ارتفع محتوى البروتين من 11.7% إلى 12.78% مع زيادة الكينوا، نتيجة لغنى البروتين في الكينوا (13.88%)، بينما زادت الألياف الغذائية تدريجياً من 0.63% إلى 2.10%، وهو ما يعكس الطبيعة الغنية بالألياف لدقيق الكينوا وتحسين الخصائص الوظيفية والهضمية للمنتجات المصنوعة من الخليط المركب.

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح

تتوافق هذه النتائج مع الدراسات الحديثة، حيث أشار [33] إلى أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا يؤدي إلى انخفاض طفيف في الرطوبة وزيادة في البروتين والألياف والرماد نتيجة التركيب الكيميائي المختلف للكينوا. كما أكدت دراسة [25] أن إضافة الكينوا (5-20%) تزيد محتوى البروتين والألياف تدريجياً مع تأثير محدود على الرطوبة، موضحة أن الألياف غير القابلة للذوبان في الكينوا تؤثر على امتصاص الماء في الخلطة، وهو ما يفسر الاستقرار النسبي للرطوبة عند نسب منخفضة من الكينوا. بالإضافة إلى ذلك، أشارت دراسة [24] إلى أن استبدال القمح بالكينوا يزيد محتوى الرماد والعناصر المعدنية في الخلطات المركبة، وهو ما يتوافق مع الزيادة التدريجية للرماد في نتائج الجدول. ويُعزى التوافق العلمي بين هذه الدراسات ونتائج البحث إلى الخصائص الكيميائية المميزة لدقيق الكينوا، والتي تشمل انخفاض محتوى الرطوبة وارتفاع البروتين والألياف والمعادن، الأمر الذي يعزز القيمة الغذائية للخلطة المركبة دون التأثير بشكل كبير على الرطوبة الأساسية للدقيق.

الجدول (1) المواصفات الكيميائية لخلطة دقيق القمح مع دقيق الكينوا

القرائن (%)				نسبة الخلط	
الألياف	البروتين	الرماد	الرطوبة	دقيق القمح (%)	دقيق الكينوا (%)
^a 0.05±0.63	^a 0.12±11.7	^a 0.02±0.66	^a 0.06±13.8	0	100
^f 0.12±5.39	^e 0.07±13.88	^e 0.05±2.57	^c 0.09±10.2	100	0
^b 0.09±0.96	^a 0.13±11.88	^{ab} 0.07±0.81	^a 0.02±13.8	5	95

^c 0.09±1.27	^{ab} 0.09±12.06	^b 0.05±0.96	^a 0.04±13.7	10	90
^{cd} 0.07±1.44	^{bc} 0.07±12.25	^{bc} 0.06±1.09	^a 0.07±13.7	15	85
^d 0.05±1.78	^{cd} 0.11±12.42	^{bc} 0.09±1.11	^{ab} 0.05±13.6	20	80
^{de} 0.08±1.91	^d 0.08±12.59	^{cd} 0.09±1.19	^b 0.07±13.4	25	75
^e 0.04±2.1	^d 0.08±12.78	^d 0.08±1.26	^b 0.09±13.4	30	70

*تدل الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي بينها عند $\geq 0.05 p$.

تشير نتائج إلى أن استبدال دقيق القمح بدقيق الكينوا (5-30%) يؤدي إلى تغييرات تدريجية في قيم الفراغ اللوني لخلائط الدقيق. فقد انخفض السطوع *L من 91.35 إلى 86.72 عند إضافة 30% كينوا، ويُفسر ذلك بأن دقيق الكينوا له لون داكن نسبياً مقارنة بدقيق القمح، لذا مع زيادة نسب الكينوا، يقل السطوع تدريجياً. وتبين أن قيمة *a تغيرت بشكل طفيف من 0.32 إلى 0.26

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح

مع زيادة نسبة الكينوا، مما يشير إلى ميل طفيف للون الأخضر مع ارتفاع الكينوا، ويعزى ذلك إلى المحتوى الطبيعي من الكلوروفيل والمعادن في دقيق الكينوا. وارتفعت قيمة b^* تدريجياً من 11.15 إلى 11.93 عند نسبة 30% كينوا، مما يدل على زيادة في اللون الأصفر، بسبب وجود البيتاكاروتينات والمركبات الصفراء الطبيعية في الكينوا.

تتفق هذه النتائج مع الدراسات، حيث أشار [34] إلى أن استبدال القمح بالكينوا يقلل السطوع ويزيد اللون الأصفر، وأظهرت دراسة [25] تغيرات طفيفة في a^* بسبب المركبات الطبيعية في الكينوا، بينما أكدت دراسة [24] أن الخصائص اللونية للخلائط المركبة تعتمد على نسبة إضافة دقيق الكينوا الى دقيق القمح.

الجدول(2) قيم اللون لخلائط دقيق القمح مع دقيق الكينوا

قيم الفراغ اللوني			نسب الخلط	
b^*	a^*	L^*	دقيق الكينوا (%)	دقيق القمح (%)
$^{a}0.11\pm 11.15$	$^{a}0.05\pm 0.32$	$^{a}0.68\pm 91.35$	0	100
$^{d}0.09\pm 12.34$	$^{a}0.04\pm 0.28$	$^{e}0.91\pm 85.41$	100	0
$^{b}0.11\pm 11.60$	$^{a}0.06\pm 0.30$	$^{ab}0.43\pm 90.93$	5	95

^b 0.15±11.68	^a 0.07±0.28	^{ab} 0.75±90.77	10	90
^b 0.08±11.77	^a 0.05±0.27	^{bc} 0.52±90.51	15	85
^{cb} 0.11±11.84	^a 0.06±0.27	^{bc} 0.44±89.76	20	80
^{cb} 0.12±11.89	^a 0.09±0.26	^c 0.55±89.02	25	75
^c 0.07±11.93	^a 0.05±0.26	^d 0.68±86.72	30	70

*تدل الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي بينها عند $\geq 0.05 p$.

**تعتبر قيمة *L عن سطوع *a عن شدة اللون الأحمر *b عن شدة اللون الأصفر.

يبين الجدول (3) إلى أن إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح تؤثر بشكل واضح على مكونات الغلوتين في العجين. أولاً، الغلوتين الرطب (Wet Gluten) يظهر انخفاضاً تدريجياً من 25.46% في عينة الدقيق إلى 19.83% عند إضافة 25% كينوا، مع فشل القياس عند 30% بسبب صعوبة فصل الشبكة الغلوتينية. هذا الانخفاض يعكس تخفيف البروتينات الغلوتينية القادرة على تكوين شبكة متماسكة نتيجة استبدال جزء من القمح بالكينوا، الذي لا يحتوي على بروتينات غلوتينية [16].

إما الغلوتين الجاف (Dry Gluten) يظهر أيضاً انخفاضاً مشابهاً من 8.45% إلى 7.00% عند إضافة 25% كينوا. الفرق بين الغلوتين الرطب والجاف يعكس كمية الرطوبة المحبوسة داخل شبكة البروتين، ويظهر أن زيادة الكينوا تقلل من قدرة شبكة الغلوتين على احتجاز الماء، مما يؤثر على المرونة وخواص العجين الريولوجية [28].

بالنسبة لدليل الغلوتين (Gluten Index, GI) يتناقص من 92.26% إلى 48.63% عند 25% كينوا، وهو مؤشر قوي على تدهور قوة ومرونة الشبكة البروتينية. انخفاض GI يعكس انخفاض قدرة شبكة الغلوتين على الاحتفاظ بالغاز أثناء التخمر، ويؤثر على حجم وملمس المخبوزات. الدراسات الحديثة توضح أن هذه الظاهرة تحدث لأن بروتينات الكينوا غير الغلوتينية تتداخل مع بروتينات القمح، مما يضعف الروابط الشبكية ويقلل من استقرارها [17].

ويوضح الجدول (3) أن زيادة نسبة الكينوا تؤدي إلى انخفاض تدريجي في كل من الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين، مما يضعف الشبكة البروتينية ويحد من قدرة العجين على الاحتفاظ بالغاز والتوسع أثناء الخبز. هذا التأثير يصبح ملحوظاً بشكل كبير عند نسب $\leq 15\%$ ، ويصل إلى فقدان فعالية الشبكة عند 30%، ما يتوافق مع النتائج التجريبية المنشورة في الدراسات [16] ; [17].

[29]

الجدول (3) قيم الغلوتين لخلائط دقيق القمح مع دقيق الكينوا

القرائن (%)			نسب الخلط	
دليل غلوتين	غلوتين الجاف	غلوتين الرطب	دقيق الكينوا (%)	دقيق القمح (%)
^a 0.19±92.26	^a 0.19±8.45	^a 0.30±25.46	0	100
^b 0.21±85.32	^b 0.19±8.01	^{ab} 0.21±24.36	5	95
^c 0.31±63.21	^c 0.21±7.54	^c 0.29±21.57	10	90
^d 0.29±55.45	^{cd} 0.26±7.08	^{cd} 0.28±20.66	15	85
^e 0.27±48.63	^d 0.27±7.00	^d 0.25±19.83	20	80
صعوبة غسل	صعوبة غسل	صعوبة غسل	25	75

صعوبة غسل	صعوبة غسل	صعوبة غسل	30	70
-----------	-----------	-----------	----	----

*تدل الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي بينها عند $p \geq 0.05$.

تُظهر نتائج الجدول (4)، ارتفاعاً تدريجياً ومعنوياً في قيمة مقاومة العجين للتمدد (P) مع زيادة نسبة إضافة دقيق الكينوا لدقيق القمح، حيث ارتفعت القيمة من 108 mmH₂O في عينة الدقيق إلى 177 mmH₂O عند مستوى إضافة 30% كينوا.

ويُعزى هذا الارتفاع إلى الطبيعة البروتينية لدقيق الكينوا الخالي من الغلوتين، إذ تؤدي بروتيناته والألياف الغذائية المصاحبة له إلى التداخل مع شبكة الغلوتين وإضعاف مرونتها، مما يجعل العجين أكثر صلابة وأعلى مقاومة للتشوه تحت الضغط. وتشير هذه الزيادة في قيمة P إلى تحول سلوك العجين نحو الصلابة والقصر البنيوي.

وتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه [12]، حيث سجلوا زيادة معنوية في قيمة P عند إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح، بسبب انخفاض الشبكة الغلوتين مع زيادة نسبة إضافة الكينوا.

في المقابل، لوحظ انخفاض واضح في قابلية العجين للتمدد (L) مع زيادة نسبة الإضافة، حيث انخفضت القيمة من 75 mm إلى 9 mm عند إضافة 30% كينوا. ويُعد هذا الانخفاض مؤشراً مباشراً على تراجع مرونة العجين وقدرته على التمدد قبل الانفجار.

ويُفسّر هذا السلوك بانخفاض محتوى الغلوتين الفعّال، إذ يؤدي إضافة دقيق الكينوا إلى تقليل الروابط المطاطية المسؤولة عن خاصية الاستطالة في العجين. وبذلك يصبح العجين أكثر عرضة للتمزق خلال اختبار النفخ.

وأظهرت نتائج دراسة [31] انخفاض قيمة L بشكل ملحوظ عند إضافة الكينوا، مما انعكس سلباً على الخصائص الخَبزية للعجين.

أظهرت النتائج ارتفاعاً كبيراً في نسبة P/L مع زيادة نسبة الكينوا، إذ ارتفعت من 1.44 إلى 10.11 عند مستوى إضافة 30%. وتعكس هذه الزيادة اختلالاً واضحاً في التوازن بين مقاومة العجين وقابليته للتمدد.

وتشير القيم المرتفعة لنسبة P/L إلى عجين شديد التماسك وضعيف المرونة، وهو سلوك غير مرغوب تكنولوجياً في صناعة الخبز، حيث يرتبط عادة بانخفاض حجم الرغيف وضعف احتجاز الغاز أثناء التخمر.

وتتوافق هذه الملاحظات مع ما ورد في دراسات حديثة تؤكد أن ارتفاع نسبة P/L ناتج عن تدهور شبكة الغلوتين عند إضافة مواد غير غلوتينية مثل الكينوا (Mironeasa and Ispas, 2022).

تُظهر نتائج طاقة التشوه (W) انخفاضاً تدريجياً مع زيادة نسبة دقيق الكينوا، حيث تراجمت القيمة من 265×10^{-4} J في عينة دقيق القمح إلى 62×10^{-4} J عند إضافة 30%. وتمثل هذه القيمة الطاقة الكلية اللازمة لتمديد العجين حتى الانفجار، وهي مؤشر رئيسي على قوة العجين الخبزية.

وبعكس هذا الانخفاض ضعف قدرة العجين على تحمل التمدد نتيجة تفكك الشبكة الغلوتينية، الأمر الذي يقلل من كفاءة العجين في عمليات التخمر والخبز. وتشير هذه النتائج إلى أن الإضافة بنسبة تتجاوز 15% من دقيق الكينوا يؤدي إلى تراجع واضح في القوة البنيوية للعجين. وقد أشار [12] إلى انخفاض مماثل في قيمة W عند إضافة كينوا، مؤكداً ارتباط ذلك بانخفاض جودة العجين الريولوجية.

لوحظ انخفاض تدريجي في دليل الانتفاخ (G) مع زيادة نسب الإضافة، حيث انخفض من 19.3 mm إلى 8.34 mm. ويُعد هذا المؤشر دالاً على قدرة العجين على الانتفاخ واحتجاز الغازات دون تمزق.

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح

ويُعزى هذا الانخفاض إلى ضعف مرونة الشبكة البروتينية وقلة قدرتها على احتجاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التخمر، مما ينعكس سلباً على الحجم النوعي المتوقع للمنتج النهائي. وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في دراسة [14]، التي أكدت أن إضافة دقيق الكينوا تؤدي إلى انخفاض قدرة العجين على الانتفاخ نتيجة غياب الغلوتين.

نستنتج مما سبق أن إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح يؤدي إلى زيادة مقاومة العجين للتمدد وانخفاض قابليته للاستطالة، مصحوباً بارتفاع نسبة P/L وانخفاض طاقة التشوه ودليل الانتفاخ. ويُعزى هذا السلوك إلى التأثير التخفيفي للكينوا على شبكة الغلوتين، مما يحد من الخصائص الريولوجية المثلى للعجين، خاصة عند نسب الإضافة المرتفعة. وعليه، فإن نسب الإضافة المنخفضة ($\geq 15\%$) تُعد أكثر ملاءمة من الناحية التكنولوجية مع الحفاظ على تحسين القيمة الغذائية.

الجدول (4) قيم التماسك والتمدد وطاقة التشوه ولخلائط دقيق القمح مع دقيق الكينوا

باستخدام جهاز الألفيوغراف

القرائن					نسب الخلط	
G(mm)	W	P/L	L	P	دقيق القمح (%)	دقيق الكينوا (%)
دليل الانتفاخ	($J \cdot 10^{-4}$) طاقة التشوه	(mmH ₂ O/mm)	(mm) التمدد	(mmH ₂ O) التماسك		
19.3	265	1.44	75	108	0	100

16.1	215	2.17	52	113	5	95
14.1	206	3.22	40	129	10	90
12.6	190	4.41	32	141	15	85
10.4	102	6.91	22	152	20	80
9.95	81	8.25	20	165	25	75
8.34	62	10.11	9	177	30	70

**تعبر قيمة P التماسك L عن التمدد G عن الانتفاخ وW عن طاقة التشوه

أظهرت نتائج الجدول (5) انخفاضاً طفيفاً في قيم C1 (تطور عجين) تراوحت بين 1.12 Nm في عينة دقيق القمح و 1.09-1.03 Nm مع زيادة نسب دقيق الكينوا حتى 30%، فإن الانخفاض الطفيف في C1 يعكس تراجعاً محدوداً في قوة العجين دون فقدان تام لخواصه التكنولوجية. ويُعزى الانخفاض في قيمة C1 مع زيادة دقيق الكينوا إلى غياب الغلوتين في دقيق

الكينوا مما يقلل من قدرة البروتين على تكوين شبكة مرنة ومتماسكة، وارتفاع محتوى الألياف الغذائية في الكينوا مما يؤدي الى تنافس بروتينات القمح على الماء فيحد من ترطيب الغلوتين بشكل كافٍ، واختلاف طبيعة بروتين الكينوا (بروتينات غير مكوّنة للشبكة الغلوتينية) [3]. وتتوافق هذه النتائج مع [15] أن إضافة دقيق الكينوا أدت إلى انخفاض قيم C1 بسبب ضعف تكوين شبكة الغلوتين، مع بقاء العجين مقبولاً عند نسب الإضافة المتوسطة. وأكد [18] أن ارتفاع الألياف في الحبوب البديلة يقلل من امتصاص الماء الفعال لبروتينات القمح، مما يؤدي إلى انخفاض قيم العزم أثناء الخلط. وبين [29] أن الانخفاض المعتدل في C1 لا يؤثر سلباً على جودة الخبز إذا ترافق مع تحسن في ثبات النشاء وقابلية التخزين.

أظهرت نتائج الجدول (5) انخفاضاً واضحاً في قيم C2 (مقاومة الغلوتين للإضعاف) مع زيادة نسب دقيق الكينوا، حيث انخفضت القيمة من 0.33 نيوتن·متر في عينة دقيق القمح إلى نحو 0.20-0.22 نيوتن·متر عند نسب الإضافة المرتفعة. ويعكس هذا الانخفاض تراجع قدرة بروتينات العجين على مقاومة تأثيري الحرارة والقص الميكانيكي، مما يشير إلى ضعف الاستقرار الحراري لشبكة الغلوتين. ويُعزى هذا السلوك إلى طبيعة دقيق الكينوا الخالي من الغلوتين، إذ يؤدي استبدال جزء من دقيق القمح إلى تقليل نسبة البروتينات الغلوتينية المسؤولة عن تكوين الشبكة المرنة، إضافةً إلى تأثير الألياف الغذائية التي تعيق التفاعلات البروتينية وتحد من ترابط سلاسل الغلوتين أثناء التسخين. كما أن بروتينات الكينوا، المكوّنة أساساً من الألبومينات والغلوبولينات، تُظهر مقاومة أقل للتغيرات الحرارية مقارنة ببروتينات القمح، مما يساهم في

انخفاض قيم C2 ، حيث أشار [19] و[18] إلى أن إضافة الدقيق الخالي من الغلوتين أو الغني بالألياف تؤدي إلى انخفاض قيم C2 نتيجة ضعف الاستقرار الحراري للبروتينات. كما بينت دراسة [29] أن الانخفاض في قيم C2 يزداد وضوحاً عند نسب الإضافة المرتفعة (25-30) %، مما يفسر استبعاد هذه النسب من الاستخدام التكنولوجي الأمثل في صناعة الخبز.

بينت نتائج الجدول (5) تغيرات محدودة في قيم C3 (تهلم النشاء) مع زيادة نسب دقيق الكينوا، حيث تراوحت القيم بين 1.58-1.61 نيوتن·متر في العينات المختلفة، مع تسجيل انخفاض ملحوظ عند نسبة الإضافة 15% كينوا لتبلغ 1.42 نيوتن·متر. وتمثل قيمة C3 مرحلة انتفاخ حبيبات النشاء وتجلتها تحت تأثير التسخين، وتعكس قدرة النشاء على تكوين بنية هلامية أثناء عملية الخبز. ويُشير الانخفاض المسجل عند 15% كينوا إلى تغير في سلوك تجلن النشاء، ويُعزى ذلك إلى ضعف شبكة الغلوتين الناتج عن الاستبدال الجزئي بدقيق الكينوا، مما يقلل من الدور الحامي لشبكة البروتين حول حبيبات النشاء، إضافةً إلى تأثير الألياف الغذائية والدهون الطبيعية في الكينوا التي قد تحدّ من الانتفاخ الكامل لحبيبات النشاء. وتتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه [7] و[18] ، حيث أوضحوا أن إضافة الدقيق الخالي من الغلوتين أو الغني بالألياف تؤدي إلى تعديل سلوك تجلن النشاء وانخفاض قيم C3 نتيجة التداخل بين مكونات النشاء والبروتين. كما بينت دراسة [29] أن التغيرات المحدودة في قيم C3 عند نسب الإضافة

المتوسطة لا تؤثر سلباً على جودة الخبزية، خاصةً إذا ترافق ذلك مع تحسن في ثبات النشاء في المراحل اللاحقة من التسخين.

أظهرت نتائج الجدول (5) انخفاضاً تدريجياً في قيم C4 (مقاومة النشاء للتفكك أثناء التسخين) مع زيادة نسب دقيق الكينوا، حيث تراوحت القيم بين 1.23-1.40 نيوتن·متر، إذ تشير القيم الأعلى إلى قدرة أفضل على الاحتفاظ بالهيكل للنشاء تحت تأثير الحرارة والقص الميكانيكي، بينما القيم المنخفضة تعكس تفكك أكبر لحبيبات النشاء. ويُعزى الانخفاض المسجل عند زيادة نسبة الكينوا إلى ضعف شبكة الغلوتين الناتج عن استبدال جزء من دقيق القمح بدقيق الكينوا، والذي يقلل من الدعم الميكانيكي لحبيبات النشاء، إضافةً إلى تأثير الألياف والدهون الطبيعية في الكينوا التي تحدّ من ثبات النشاء أثناء الخبز. وتتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه [29] [7]، حيث أوضحوا أن إضافة دقيق الكينوا تؤدي إلى انخفاض طفيف في ثبات النشاء مقارنةً بدقيق القمح، إلا أن التغيرات في نسب متوسطة لا تؤثر سلباً على جودة النهائي.

بينت نتائج أن قيم C5 (إعادة تبلور النشاء أثناء التبريد) تراوحت بين 1.53-2.48 نيوتن·متر، مع أدنى قيمة عند 15% كينوا، ما يشير إلى تباطؤ عملية إعادة تبلور النشاء أثناء التبريد بعد الخبز. وتمثل قيمة C5 المؤشر الأساسي على تيبس الخبز أثناء التخزين؛ فالقيم المنخفضة تدل على تقليل سرعة إعادة التبلور، مما يحسّن قابلية التخزين وجودة الخبز بعد فترة التخزين. ويُعزى هذا السلوك إلى مساهمة بروتينات الكينوا والألياف في تقليل قابلية النشاء للتجمع، بالإضافة إلى ضعف شبكة الغلوتين الجزئي الذي يسمح بتحكم أفضل في بيئات الخبز. وأكد [18] و [15] إلى أن إضافة الكينوا عند نسب معتدلة تعمل على تحسين ثبات الخبز أثناء التخزين من خلال تقليل

معدل إعادة تبلور النشاء، بينما تؤدي النسب الأعلى إلى زيادة C5 وميل أكبر لبيات الخبز، مما يبرر استبعادها من الاستخدام التكنولوجي الأمثل.

الجدول (5) الخواص الريولوجية لخلائط دقيق القمح مع دقيق الكينوا باستخدام جهاز الميكسولاب

العزم (Nm)					نسبة الخلط	
C5	C4	C3	C2	C1	دقيق القمح (%)	دقيق الكينوا (%)
2.48	1.40	1.58	0.33	1.12	100	0
2.32	1.45	1.60	0.28	1.11	95	5
2.20	1.31	1.61	0.24	1.10	90	10
1.57	1.27	1.42	0.22	1.09	85	15

دراسة تأثير إضافة دقيق الكينوا في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية لدقيق القمح

1.58	1.27	1.51	0.23	1.10	80	20
1.53	1.23	1.45	0.20	1.02	75	25
1.53	1.23	1.46	0.20	1.03	80	30

5 - الاستنتاجات والتوصيات :

1-5 الاستنتاجات :

1. أدت إضافة دقيق الكينوا إلى دقيق القمح إلى زيادة تدريجية في محتوى البروتين، الألياف، والرماد، مما يحسن القيمة الغذائية للخلات المركبة.
2. بقيت الرطوبة مستقرة نسبياً عند نسب منخفضة من الكينوا (5-10%) ثم انخفضت تدريجياً مع زيادة النسبة إلى 25%، بسبب انخفاض الرطوبة الأصلية لدقيق الكينوا مقارنة بالقمح.
3. أثرت إضافة الكينوا على اللون، حيث انخفض السطوع (L^*) مع زيادة نسبة الكينوا، وارتفعت قيمة اللون الأصفر (b^*)، بينما تغير اللون الأحمر (a^*) بشكل طفيف، مما يعكس الطبيعة اللونية الطبيعية للكينوا.
4. انخفضت جميع مؤشرات الغلوتين (الرطب، الجاف، ودليل الغلوتين) تدريجياً مع زيادة الكينوا، مع صعوبة القياس عند 30%، مما يشير إلى ضعف شبكة الغلوتين الناتجة عن الاستبدال الجزئي بالكينوا.

5. أظهرت نتائج جهاز Alveograph أن مقاومة العجين للتمدد (P) ارتفعت، بينما انخفض التمدد (L) ودليل الانتفاخ (G) وطاقة التشوه (W)، ما يعكس زيادة صلابة العجين وانخفاض مرونته عند نسب عالية من الكينوا.
6. أظهرت نتائج Mixolab انخفاضاً تدريجياً في C1 و C2 تطور العجين ومقاومة الغلوتين للإضعاف)، مع تغير محدود في C3 و C4 تهلم النشاء ونشاط الأميلاز وانخفاض C5 إعادة تبلور النشاء، مما يشير إلى أن الكينوا يؤثر على الخصائص الريولوجية مع تحسين ثبات النشاء عند نسب معتدلة.
7. بناءً على الخصائص الكيميائية والريولوجية، فإن نسب الإضافة المنخفضة إلى المتوسطة (5-15) % تعتبر الأمثل لتحقيق توازن بين تحسين القيمة الغذائية والحفاظ على جودة العجين والمخبوزات.

2-5 التوصيات:

1. استخدام الكينوا بنسبة 5-15% في خلطات دقيق القمح لتعزيز القيمة الغذائية دون التأثير سلباً على جودة العجين وخصائص الخبز.
2. دراسة طرق معالجة الكينوا (مثل التحميص أو النقع) لتحسين قابلية الغلوتين والخصائص الريولوجية عند نسب أعلى من 15%.
3. استكشاف الإضافات المكملة مثل بروتين الصويا أو الغلوتين المعالج لتعويض ضعف شبكة الغلوتين عند نسب كينوا أعلى وتحسين الخواص الميكانيكية للعجين.

6المراجع:

1-6المراجع العربية:

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

6-2 المراجع الأجنبية:

3. AACC International. (2010). Approved Methods of Analysis (11th ed.). St. Paul, MN, USA: AACC International.
4. AACC International. (2023). Approved Methods of Analysis (Online Edition). AACC International.
5. Abugoch James, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31.
6. Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2019). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745–4750.
7. Ahmed, J., Al-Attar, H., & Arfat, Y. A. (2020). *Effect of quinoa flour addition on rheological, thermal, and pasting properties of wheat flour dough*. **Journal of Food Science and Technology**, 57(6), 2146–2155.
8. AOAC International. (2005). *Official Method 978.10: Crude Fiber in Animal Feed and Pet Food*. In **Official Methods of**

Analysis of AOAC International (18th ed.). AOAC

International.

9. AOAC International. (2019). *Official Methods of Analysis* (21st ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
10. Bojnanská, T., & Frančáková, H. (2020). The use of quinoa flour in bread making. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 706–712.
11. Chopin Technologies. (2019). *Alveograph and Mixolab Applications in Flour and Dough Quality Evaluation*. Villeneuve-la-Garenne, France: Chopin Technologies.
12. Coțovanu, I., & Mironeasa, S. (2021). *Investigation of quinoa seed fractions and their application in wheat bread production: Effects on dough rheology and alveographic parameters*. **Plants**, 10(10), 2150.
13. Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., & Jekle, M. (2021). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 98, 103157.
14. Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., & Becker, T. (2015). *Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa flour*. **Journal of Cereal Science**, 66, 1–9.

15. Enriquez, F., Flores, C., & Vega, C. (2019). Physicochemical and rheological properties of wheat–quinoa composite flours. *Food Chemistry*, 277, 273–281
16. Enriquez, N., Paredes, M., & Alvarez, M. (2019). Effect of quinoa flour addition on dough rheological properties and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 87, 102–109.
17. Fukushima, M., Hashimoto, S., & Ishikawa, K. (2021). Functional properties of quinoa proteins and their influence on gluten network performance. *Food Hydrocolloids*, 113, 106518.
18. Fukushima, M., Ohashi, T., & Nakano, H. (2021). Influence of dietary fiber–rich flours on dough rheology and starch–protein interactions evaluated by Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 118, 106782.
19. Gujral, H. S., Haros, M., & Rosell, C. M. (2013). *Starch–protein interactions and rheological properties of wheat flour dough enriched with barley bran. Journal of Food Engineering*, 116(1), 22–28.
20. Iglesias–Puig, E., Monedero, V., & Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT–Food Science and Technology*, 60(1), 71–77.
21. Koxsel, H., Kahraman, K., Sanal, T., Ozay, D. S., & Dubat, A. (2009). Potential utilization of Mixolab for quality evaluation of bread wheat genotypes. *Cereal Chemistry*, 86(5), 522–526.

22. Lorenz, K., & Coulter, L. (2019). Quinoa flour in baked products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46(3), 213–223.
23. Miranda, M., Vega–Gálvez, A., Martínez, E. A., López, J., Marín, R., Aranda, M., & Fuentes, F. (2020). Influence of quinoa flour on the physicochemical properties of wheat bread. *Food Science and Technology*, 40(1), 178–184.
24. Mironeasa, C. & Ispas, L., (2022). The identification of common models applied for the integration of management systems: A review. *Sustainability*, 14(6), Article 3559.
25. Mubarak, A. E. A. (2025). *Effect of a novel high–fibre component from quinoa on the properties of bread–making. International Journal of Food Science and Technology*, 59(9), 6421–6434.
26. Patil, G. R., Kumar, S., & Sharma, P. (2024). *Effect of nutrient–rich quinoa fraction composite wheat flour on product development. International Journal of Food Science*.
27. Ramos Díaz, J. M., Kirjoranta, S., Tenitz, S., Penttilä, P. A., Serimaa, R., Lampi, A. M., & Jouppila, K. (2022). Use of quinoa flour to improve nutritional value and texture of wheat bread. *LWT – Food Science and Technology*, 154, 112684.
28. Ruffino, A. M. C., Rosa, M., Hilal, M., González, J. A., & Prado, F. E. (2010). The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity. *Plant and Soil*, 326(1–2), 213–224.

29. Scarnato, L., Montesano, D., Blasi, F., & Simonetti, M. S. (2023). Rheological behavior and technological performance of wheat–quinoa composite flours. *Foods*, *12*(4), 812.
30. Scarnato, R., Zhang, Y., & Chen, J. (2023). Effects of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd.) substitution on wheat flour characteristics and gluten network structure. *Current Research in Food Science*, *10*, 100556
31. See, E. F., Abdullah, M., McFeeters, R. F., & Chinnaswamy, R. (2007). Instrumental color measurement of flour and dough as affected by wheat type and milling conditions. *Journal of Food Science*, *72*(4), C217–C223.
32. Vega–Gálvez, A., et al. (2018). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, *98*, 377–390.
33. Wang, X., Lao, X., Bao, Y., & Li, C. (2024). *Effect of quinoa flour supplementation on wheat dough rheological properties and alveograph characteristics*. **Plants**, *13*(4), 698.
34. Zhang, M., Liu, Y., Wang, L., & Chen, X. (2023). Effects of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) substitution on wheat flour characteristics. *Current Research in Food Science*, *7*, 100556.

دراسة تأثير إضافة المستخلصات المائية لقشور الرمان في جودة عصير التفاح خلال التخزين

نسرين البيطار⁽³⁾رمضان عطرة⁽²⁾محمد علي⁽¹⁾

الملخص:

تهدف هذه الدراسة لتقييم جودة عصير التفاح المدعم بالمستخلصات المائية لقشور الرمان بتركيز 0.1% و 0.2% و 0.5% على الترتيب، ودراسة تأثير إضافة هذه المستخلصات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح خلال التخزين لمدة شهرين على درجتي حرارة 4°C و 25°C ، وقد أدت هذه الإضافة إلى تحسن ملحوظ في محتوى العصير من المركبات الفينولية بمعدل 9.21%، لكن بالمقابل ارتفعت عكارة العصير ونفاذيته %T₄₄₀، وأشار التقييم الحسي إلى أن إضافة مستخلص قشور الرمان بتركيز 0.2% قد أظهر أعلى درجات التقييم من حيث اللون والطعم والرائحة والقبول العام مقارنة مع التراكيز الأخرى، وقد أدى ارتفاع درجة حرارة التخزين 25°C وطول فترة التخزين لانخفاض محتوى الفينولات وكمية المواد الصلبة الذائبة و pH العصير وارتفاع في العكارة والنفاذية والحموضة المعاييرة، عموماً كان معدل التغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح المدعم بالمستخلص أقل منه في عصير التفاح العادي.

الكلمات المفتاحية: المستخلصات المائية، قشور الرمان، المركبات الفينولية، عصير التفاح، التخزين.

- (1) طالب دكتوراه - قسم الهندسة الغذائية- كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية-جامعة حمص.
- (2) أستاذ - قسم الهندسة الغذائية- كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية-جامعة حمص.
- (3) أستاذ مساعد - قسم الهندسة الغذائية- كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية-جامعة حمص.

Study of the Effect of Adding Water Extracts of Pomegranate Peels In the Quality of Apple Juice During Storage

Mohamad Ali⁽¹⁾ Ramadan Atra⁽²⁾ Nisreen Al-Bitar⁽³⁾

Abstract

The objective of this study was to evaluate the quality of apple juice fortified with water extracts of pomegranate peels at concentrations of 0.1%, 0.2%, and 0.5% respectively, and to study the effect of adding these extracts in the physical and chemical properties of the apple juice during storage for two months at 4°C and 25°C. This addition resulted in a significant improvement in the juice's phenolic content at a rate of 9.21%. Conversely, the addition of extracts into juices resulted in elevated turbidity and a reduction in transmittance (T440%). The Sensory evaluation indicated that the addition of a 0.2% pomegranate peel extract exhibited the highest ratings in terms of color, taste, aroma, and overall acceptability compared to other concentrations. The high storage temperature (25°C) and the extended storage period led to a decrease in phenolic content, total soluble solids, and pH, while increasing turbidity, transmittance, and titratable acidity. Overall, the rate of change in the physicochemical properties of the apple juice enriched with the extract was lower than that of regular apple juice.

Keywords: Water extracts, pomegranate peel, phenolic compounds, apple juice, storage.

(1) PhD student. at Food Engineering Department, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.

(2) Prof. at Food Engineering Department, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.

(3) Asst. Prof. at Food Engineering Department, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.

1. المقدمة:

في السنوات الأخيرة، زاد طلب المستهلكين على المنتجات الغذائية ذات القيمة الغذائية العالية بشكل كبير وقد ركز قطاع صناعة المشروبات والعصائر على تعزيز منتجاته بالمكونات النشطة حيوياً لمواكبة هذا الطلب، ولتحقيق ذلك ركز على استعادة هذه المكونات من المنتجات الثانوية للفاكهة والخضراوات [1] وتعتبر المستخلصات الطبيعية أحد أهم هذه المنتجات الثانوية في مجال حفظ الأغذية ورفع قيمتها الغذائية ومنها مستخلصات قشور الرمان (Pomegranate Peel Extract) وينتج الرمان (*Punica granatum L.*) حوالي 1,500,000 طن من النفايات في جميع أنحاء العالم سنوياً [2] وغالباً ما يتم التخلص منها كنفايات زراعية، وتشكل القشور حوالي 50% من الثمرة الطازجة الكاملة وهي مصدر مهم للمعادن وخاصة البوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والمغنيزيوم والصوديوم بالإضافة إلى السكريات المعقدة ومستويات عالية من مجموعة متنوعة من المركبات النشطة حيوياً (المركبات الفينولية) [3]، وتتكون هذه المركبات النشطة حيوياً من التانينات القابلة للتحلل المائي، الفلافونويدات (flavonoids)، الأنثوسيانينات (anthocyanins)، الحموض الفينولية (phenolic acids)، الفيتوستيروولات (phytosterols) والحموض الدهنية المتعددة غير المشبعة (polyunsaturated fatty acids) [4].

تُعد محاليل الميثانول أو الكحولات المائية مذيبيات فعالة للمركبات الفينولية وهي عادةً المذيبيات المفضلة في المختبرات، لكن بالنسبة للتطبيقات الصناعية واسعة النطاق ينبغي النظر في إمكانية استخدام الماء منزوع الشوارد كبديل أكثر استدامة من الناحية الاقتصادية وصديق للبيئة [5]. حيث بين Wang وآخرون [6] أن الاستخلاص بالماء عند درجة حرارة 40°C لمدة 4 ساعات كان وسطاً فعالاً لاستخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان نظراً للطبيعة القطبية لهذه المركبات، وخلصوا إلى أن الماء يجب أن يكون المذيب المفضل وخاصة عند النظر في التأثير

الكبير للميثانول من حيث التكلفة والسمية، كما تم اختبار المستخلص المائي لقشور الرمان (PPE) كمادة مضافة لإطالة مدة صلاحية منتجات اللحوم وقد وجد أنه يبطن أكسدة البروتين والدهون ويحفز النشاط المضاد للميكروبات ضد مجموعة من السلالات المسببة للمرض [7]، وفي دراسة أخرى على استخلاص قشور الرمان باستخدام الماء المغلي أظهرت هذه المستخلصات نشاطاً مضاداً للميكروبات ضد مجموعة من الكائنات الحية الدقيقة مثل: *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. Coli*, *Salmonella* بمستويات تُضاهي مستخلصات قشور الرمان باستخدام مذيبات الأسيتون والإيثانول [8]. في العديد من الدراسات استُخدمت المستخلصات الفينولية المشتقة من نباتات عطرية طبية متنوعة مثل الزعتر والميرمية ومن منتجات ثانوية من الفواكه والخضراوات مثل قشور الرمان في تصنيع مشروبات ذات قيمة مضافة مثل (عصائر التفاح، الأناناس، البرتقال، والجزر) [9,10,11] وقد أدى ذلك إلى تحسين الخصائص الوظيفية للعصائر، وفي إحدى الدراسات تمت إضافة مستخلصات قشور الرمان بنسبة 0.5% لعصير البندورة المخلوط مع عصير الفراولة وقد عززت هذه المستخلصات بشكل كبير محتوى مضادات الأكسدة في كلا النوعين ولاققت قبولاً حسياً جيداً [12]، وفي دراسة أخرى تم إضافة مستخلصات قشور الرمان لإطالة مدة حفظ عصير البرتقال وقد أظهر المستخلص نشاطاً قوياً مضاداً للأكسدة والميكروبات وتأثيراً ملحوظاً على الاسمرار والحموضة القابلة للمعايرة وانخفاض نمو الميكروبات أثناء تخزين العصير [13]، كما تم في دراسة أخرى إضافة مستخلصات قشور الرمان إلى عصير الرمان وقد حسنت هذه الإضافة من الخصائص الكيميائية والفيزيائية والحسية للعصير [14]، قام [15] بإضافة مستخلصات قشور الرمان بتركيزات تتراوح من 0.5% إلى 2% لعصير التفاح لرفع قيمته الغذائية، وخلصت الدراسة إلى أن عصير التفاح المدعم بمستخلصات قشور الرمان بتركيز 0.5% كان أفضل من عصير التفاح العادي بالإضافة للحصول على منتج ذو قيمة غذائية مرتفعة دون تغيير في خصائصه الحسية أو سلامته، ويعتمد إجمالي محتوى الفينول في مستخلصات قشور الرمان على عدد من العوامل وهي الصنف، طريقة الحصاد، التخزين، وطريقة إنتاج المستخلص [22]

وأفاد [23] أن إجمالي محتوى الفينول في مستخلصات قشور الرمان باستخدام الطريقة التقليدية (المذيبات) تراوح بين 365.71 و1167.40 mg/L.

2. هدف البحث:

تأثير إضافة المستخلصات المائية لقشور الرمان في الخصائص الحسية وفي الخصائص الفيزيائية والكيميائية مثل العكارة واللون و pH والحموضة القابلة للمعايرة ومحتوى المواد الصلبة الذائبة وكمية المركبات الفينولية والمرتبطة بمدة حفظ عصير التفاح خلال التخزين.

3. مواد وطرق البحث Materials and methods:

المواد Material:

1. عصير التفاح: تم شراء التفاح من صنف جولدن (Golden Delicicious variety) في مرحلة النضج المناسبة من قرية برشين في محافظة حمص في شهر أيلول من العام 2025، غُسلت الثمار السليمة وتم تقطيعها وإزالة البذور منها، ثم تم استخراج العصير بواسطة عصارة الفاكهة (RIMEX, SPAIN) بعدها تم تصفية العصير باستخدام مصافي قماشية، ثم استخدام الطرد المركزي 4000 rpm لمدة 5 دقائق، تمت عملية الترويق بإضافة 0.5 mg من الجيلاتين إلى واحد لتر من عصير التفاح الخام الناتج مع التسخين للدرجة 50°C لمدة 2 ساعة في عبوة زجاجية مغلقة باستخدام جهاز التسخين مع التحريك (VELP, ITALY)، ترك العصير بعدها لمدة 4 ساعات لضمان اكتمال عملية الترويق، ثم استخدام الطرد المركزي 4000 rpm لمدة 5 دقائق لترسيب الندف المتشكلة، تم فصل العصير الرائق وتعبئته في عبوات زجاجية محكمة الاغلاق سعة 100ml وبسنترتها (85-90°C لمدة 1 دقيقة) في حمام مائي ثم التبريد السريع والحفظ في الدرجة 4°C لحين إضافة المستخلصات المائية لقشور الرمان.

2. قشور الرمان: تم شراء الرمان من النوع الحامض من السوق المحلية لمدينة حمص، حيث تم فصل القشرة عن اللب يدوياً وقطعت لقطع صغيرة وجففت في الهواء الطلق في درجة حرارة الغرفة مع تجنب أشعة الشمس المباشرة، ثم طُحنت القشور باستخدام مطحنة كهربائية وفصلت عبر منخل قياس 40 mesh (تقريباً $425 \mu\text{m}$) ، أخذت النواتج وقسمت لقسمين: تحت 40 mesh وفوق 40 mesh، أخذ 20 g من كل قسم ونقع في 200 ml من الماء المقطر مع رجها بسرعة 200 rpm عند درجة حرارة 40 درجة مئوية لمدة 6 ساعات، وتم ترشيح السائل باستخدام ورق ترشيح قياس 1 ثم جفف بالتجميد وحفظ المستخلص الجاف في عبوة عاتمة محكمة الإغلاق على 20°C - لحين إجراء التجارب.

طرق البحث :Methods of Analysis

الاختبارات على عصير التفاح:

المادة الصلبة المنحلة (TSS): باستخدام جهاز الريفراكتومتر (-DR301, Kruss, Germany, 95) عند درجة حرارة 20°C وتم التعبير عن النتائج كنسبة مئوية وزنية % Brix وفق [16].

تقدير رقم الحموضة pH: باستخدام جهاز pH-meter من نموذج (Sartorius PB-11) بدرجة حرارة 20°C وفق [17].

تقدير الحموضة الكلية القابلة للمعايرة: بالمعايرة بمحلول 0.1N NaOH للوصول لقيمة $\text{pH}=8.1$ وقدرت على أساس حمض الماليك، وفق [17].

تقدير اللون: تم تقدير لون عصير التفاح بقياس نفاذيته للضوء (Transmittance) عند طول موجة 440nm باستخدام جهاز UV-SPECTROPHOTOMETER نموذج (UV-1800, SHIMADZU, Japan) وفق [18].

تقدير العكارة: باستخدام جهاز Turbidimeter نموذج (HASH, U.S.A) 2100P

تقدير الفينولات الكلية (TFC) : باستخدام طريقة Folin-CioCalteu وفق [19] مع بعض التعديل، حيث خلط 0.5 ml من المستخلص / العصير المخفف بمقدار 10-100 ضعف مع 2.5 ml من كاشف فولين المخفف بمقدار 10 أضعاف، وحُضِن لمدة دقيقة واحدة، قبل إضافة 2 ml من Na_2CO_3 7.5% وترك الخليط لمدة 30 دقيقة، بعدها حددت قيمة الامتصاصية مقارنةً بعينة الشاهد المحضرة عند طول موجة 765 nm (باستخدام جهاز UV-spectrophotometer نموذج (UV-1800,SHIMADZU,Jaban) حيث استُخدمت خمسة تراكيز مختلفة من محاليل حمض الغاليك (20-100 mg/L) للمعايرة وعبر عن النتائج النهائية كمكافئ لحمض الغاليك (GAE) لكل 100 غرام من المادة الجافة.

التقييم الحسي: أجريت التقييمات الحسية للعينات من قبل لجنة مؤلفة من 10 أشخاص وتم تقييم اللون والرائحة والطعم والقبول العام للعينات على مقياس من 9 نقاط (1: غير مقبول ، 5: مقبول، 9: جيد) [15].

التحليل الاحصائي: أجري تحليل التباين أحادي الاتجاه (ANOVA) واختبار Tukey باستخدام برنامج Minitab 22 عند قيمة ($p < 0.05$) حيث تم استخدام ثلاث مكررات لكل عينة.

4. النتائج والمناقشة:

مردود الاستخلاص وكمية المركبات الفينولية (TFC) في مستخلص قشور الرمان (PPE):

يبين الجدول (1) مردود الاستخلاص وكمية المركبات الفينولية (TFC) في المستخلص المائي لقشور الرمان (PPE) ويتضح من الجدول أن هناك فرق معنوي ($p < 0.05$) في مردود الاستخلاص حيث كان المردود من مسحوق قشور الرمان للجزيئات التي أبعادها أصغر من 40

mesh أعلى منه في المرذود للجزيئات التي أبعادها أكبر من 40 mesh، كما يلاحظ من الجدول أن كمية المركبات الفينولية ارتفعت بارتفاع مرذود الاستخلاص، ويمكن تفسير ذلك بزيادة مساحة سطح التلامس بين الماء والمادة الصلبة بالإضافة لتسريع عملية انتشار الماء داخل الجزيئات للوصول إلى المركبات القابلة للاندخال، وقد كشفت الدراسات أن إجمالي محتوى الفينول في مستخلصات قشر الرمان المختلفة يتراوح بين 0.78 و 9.47 mg/ml [20,21].

الجدول (1) مرذود الاستخلاص وكمية المركبات الفينولية (TFC) في المستخلص المائي لقشور الرمان (PPE)

المؤشر	تحت 40 mesh	فوق 40 mesh
مرذود الاستخلاص (%)	7.15	5.30
TFC (mg GA \100g)	693.33±2.08 ^A	479.66±1.52 ^B

حسبت النتائج كمتوسط حسابي ± الانحراف المعياري (n=3)، القيم التي لا تتشارك بنفس الحرف في الصف الواحد تدل على وجود فرق معنوي مهم إحصائياً (p<0.05).

تأثير تركيز PPE في الخصائص الحسية لعصير التفاح

تمت إضافة PPE لعينات عصير التفاح بتركيز 0.1%، 0.2%، 0.5% على الترتيب، وأجريت اختبارات الخصائص الحسية (اللون، الرائحة، الطعم والقبول العام) من قبل 10 أعضاء لعصير التفاح المدعم بـ PPE وفق التراكيز المذكورة، يبين الجدول (2) تأثير تركيز PPE في الخصائص الحسية لعصير التفاح، ويتضح من الجدول أن جميع العينات قد حصلت على قبول جيد من حيث اللون فلم يلاحظ فرق معنوي (p<0.05) بين العينات إلا أن أقل درجة قبول من حيث اللون كانت (4.6±2.2) في عصير التفاح AJ3 ذي التركيز 0.5% PPE، بينما كانت أفضل درجة قبول من حيث اللون (6.6±2.0) لعصير التفاح AJ غير المدعم بإضافة PPE، كما نلاحظ من الجدول (2) عدم وجود فرق معنوي (p<0.05) بين نتائج القبول الحسية للعينات من حيث الرائحة

والطعم، أما بالنسبة للقبول العام فنلاحظ عدم وجود فرق معنوي ($p < 0.05$) لجميع العينات باستثناء عينات العصير المدعم بتركيز 0.5% حيث سجلت أقل درجة قبول عام وهي 3.8 ± 1.9 ، في حين كانت أعلى درجة في القبول العام لعصير التفاح AJ_2 .

الجدول (2) تأثير تركيز PPE في الخصائص الحسية لعصير التفاح

القبول العام	الطعم	الرائحة	اللون	تركيز PPE
6.2 ± 1.9^A	7.4 ± 2.0^A	5.8 ± 1.6^A	6.6 ± 2.0^A	(AJ) 0%
5.8 ± 1.6^{AB}	7.0 ± 2.1^A	5.4 ± 1.2^A	5.8 ± 1.6^A	(AJ ₁) 0.1%
6.6 ± 2.0^A	7.0 ± 2.1^A	6.2 ± 1.9^A	6.2 ± 1.9^A	(AJ ₂) 0.2%
3.8 ± 1.9^B	5.0 ± 2.6^A	4.6 ± 1.2^A	4.6 ± 2.2^A	(AJ ₃) 0.5%

حسبت النتائج كمتوسط حسابي \pm الانحراف المعياري ($n=3$)، القيم التي لا تتشارك بنفس الحرف في العمود الواحد تدل على وجود فرق معنوي مهم إحصائياً ($p < 0.05$).

تأثير إضافة PPE في المواد الصلبة الذائبة TSS وقيمة الـ pH في عصير التفاح

بالنظر لمعطيات التقييم الحسي تم اعتماد إضافة PPE بتركيز 0.2% لعصير التفاح، وتم مقارنة المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح قبل وبعد الإضافة، يبين الجدول (3) تأثير إضافة PPE على المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح، ويلاحظ من الجدول ارتفاع في قيمة المواد الصلبة المنحلة TSS بعد إضافة PPE من القيمة 11.70 ± 0.00 إلى 11.87 ± 0.01 بمعدل زيادة قدره 1.45% تقريباً ($p < 0.05$) وهذا يتوافق مع [10]، كما يتضح أيضاً انخفاض

قيمة pH بعد إضافة المستخلص من القيمة 3.87 ± 0.01 إلى 3.71 ± 0.01 بمعدل انخفاض 4.13% ($p < 0.05$) وهذا يتوافق مع [15] حيث لاحظوا انخفاض قيمة pH عصير التفاح بعد إضافة PPE بتركيز مختلفة، وعلى عكس نتائجنا لاحظ [10] زيادة في الرقم الهيدروجيني (pH) بعد إضافة مُستخلص PPE ($5 \text{ mg} \setminus \text{ml}$) إلى عصير الجزر.

تأثير إضافة PPE في الحموضة القابلة للمعايرة TA في عصير التفاح

وفقاً للجدول (3) فإن إضافة PPE إلى عصير التفاح بتركيز 0.2% كان له تأثير كبير على الحموضة القابلة للمعايرة ($P < 0.05$)، حيث ارتفعت TA من القيمة 0.37 ± 0.01 إلى القيمة 0.52 ± 0.00 بمعدل زيادة قدره 40.5% ، وقد يعزى ذلك لوجود الحموض العضوية والتانينات والحموض الفينولية فتزداد كمية الأحماض القابلة للمعايرة، وعلى عكس ذلك وفي دراسة على إضافة PPE إلى عصير البرتقال تبين حدوث انخفاض في قيمة الحموضة القابلة للمعايرة [13].

تأثير إضافة PPE في العكارة واللون T_{440} في عصير التفاح

يلاحظ من الجدول (3) أنه بعد ضافة PPE تأثرت كل من قيمة عكارة العصير ولونه ($P < 0.05$)، فارتفعت العكارة من القيمة 9.68 ± 0.01 إلى القيمة 9.72 ± 0.02 بمعدل تقريباً 0.41% ، بينما انخفضت النفاذية من القيمة 84.47 ± 0.02 إلى القيمة 70.84 ± 0.56 بمعدل تقريباً 16.1% نتيجة لزيادة العكارة، تمارس المركبات الفينولية تأثيراً كبيراً على تشكيل العكارة حيث تتشكل هياكل عالية الوزن الجزيئي بسبب أكسدة الكاتيكينات والبروسيانيدينات وهما المسؤولان الرئيسيان عن العكارة، وتؤدي بلمرة هذه الهياكل إلى تكوين جزيئات كبيرة مما يساهم في العكارة والترسيب اللاحق بمرور الزمن [24].

تأثير إضافة PPE في محتوى المركبات الفينولية TFC في عصير التفاح

يبين الجدول (3) أن كمية TFC في عصير التفاح تأثرت بشكل كبير ($P < 0.05$) بإضافة PPE فارتفعت من القيمة 193.80 ± 0.20 إلى القيمة 211.65 ± 0.45 بمعدل زيادة 9.21% تقريباً، ويتوافق ذلك مع [15]، وقد أظهرت دراسة على عصير الرمان أن إجمالي محتوى المركبات الفينولية ارتفع بنسبة 47% عند إضافة 50g\L من مستخلص القشور الداخلية للرمان [25]، ووجد أن إجمالي محتوى المركبات الفينولية في عصير الجزر ارتفع بمقدار 3.2 مرة عند إضافة مستخلص قشور الرمان بتركيز (5mg/ml) مقارنةً بعصير الجزر غير المدعم بالمستخلص [10].

الجدول (3) تأثير إضافة PPE على المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح

المؤشر	قبل إضافة PPE 0.2%	بعد إضافة PPE 0.2%
TSS (Brix°)	11.70±0.00 B	11.87±0.01A
TA %	0.37±0.01B	0.52±0.00A
PH	3.87±0.01A	3.71±0.01B
العكارة (NTU)	9.68±0.01A	9.72±0.02B
TFC (mg GA \ L)	193.80±0.20A	211.65±0.45B
% T440 النفاذية	84.47±0.02A	70.84±0.01B

حسبت النتائج كمتوسط حسابي \pm الانحراف المعياري ($n=3$)، القيم التي لا تتشارك بنفس الحرف في الصف الواحد تدل على وجود فرق معنوي مهم إحصائياً ($p < 0.05$).

تخزين عصير التفاح

تم تعبئة عصير التفاح في عبوات زجاجية محكمة الإغلاق وتخزينها عند درجتي حرارة 4°C و 25°C على التوالي وتم دراسة المواصفات الفيزيائية والكيميائية على العينات خلال التخزين لمدة

شهرين، وتم التعبير عن عصير التفاح غير المدعم بالمستخلص بالرمز AJ وعصير التفاح المدعم بتركيز 0.2% من PPE بالرمز AJP.

تأثير إضافة PPE في المواد الصلبة الذائبة TSS في عصير التفاح خلال التخزين يوضح الجدول (4-1) المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح خلال التخزين، ونلاحظ من الجدول أن قيمة TSS لعصير التفاح AJ انخفضت بشكل كبير بين بداية ونهاية التخزين ($p < 0.05$)، وحافظت على ثباتها ($p < 0.05$) في نهاية الشهر الأول على الدرجة 25°C ونهاية الشهر الثاني على الدرجة 4°C ، وتشابه هذا الانخفاض في TSS مع عصير التفاح المدعم بالمستخلص AJP لكن بفرق بسيط حيث أنها حافظت على ثباتها في نهاية الشهر الثاني عند الدرجة 4°C و 25°C ، عموماً كانت قيمة TSS في نهاية مدة التخزين لعصير التفاح AJ (10.85 ± 0.02) أقل منها لعصير التفاح AJP (11.14 ± 0.04)، ويعزى ذلك لوجود كمية من المواد الصلبة الذائبة في المستخلص المائي لقشور الرمان.

تأثير إضافة PPE في pH و TA في عصير التفاح خلال التخزين

من الجدول (4-1) نلاحظ ارتفاع قيمة الحموضة TA وانخفضت قيمة pH في عصير التفاح AJ و AJP خلال التخزين بشكل ملحوظ ($p < 0.05$)، حيث ارتفعت TA لعصير التفاح المدعم بالمستخلص AJP في نهاية فترة التخزين عند 25°C بمعدل 53.8% في حين كان معدل الارتفاع في عصير AJP حوالي 50% في نهاية فترة التخزين على الدرجة 4°C ، وكان معدل الارتفاع لعصير AJ في نهاية فترة التخزين على الدرجة 25°C تقريباً 75.6% و 94.5% على التوالي، ويمكن تفسير ارتفاع الحموضة في كلا النوعين من العصير بتحلل السكريات وأكسدة الفينولات إلى حموض عضوية، إن ارتفاع قيمة الحموضة القابلة للمعايرة سيقابله بالضرورة انخفاض في قيمة pH، حيث انخفض لعصير AJ في نهاية فترة التخزين عند الدرجة 4°C و

25°C بمعدل 6.4% و 8.2% على الترتيب، في حين كان انخفاض pH لعصير AJP في نهاية فترة التخزين عند الدرجة 4°C و 25°C بمعدل 3.7% و 4.5% على الترتيب.

الجدول (4-1) المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح خلال التخزين

شهر 2		شهر 1		شهر 0	النوع	المؤشر
25°C	4°C	25°C	4°C	-	-	
10.85±0.02 ^D	11.05±0.04 ^C	11.12±0.02 ^C	11.42±0.03 ^B	11.70±0.01 ^A	AJ	TSS (Brix°)
11.14±0.04 ^D	11.14±0.01 ^D	11.33±0.02 ^B	11.24±0.02 ^C	11.87±0.01 ^A	AJP	
25°C	4°C	25°C	4°C			Acidity %
0.72±0.02 ^A	0.65±0.02 ^B	0.56±0.01 ^C	0.43±0.03 ^D	0.37±0.01 ^E	AJ	
0.80±0.00 ^A	0.78±0.02 ^A	0.67±0.01 ^B	0.62±0.01 ^C	0.52±0.00 ^D	AJP	
25°C	4°C	25°C	4°C			pH
3.55±0.02 ^D	3.62±0.02 ^C	3.69±0.01 ^B	3.71±0.03 ^B	3.87±0.01 ^A	AJ	
3.54±0.01 ^E	3.57±0.00 ^D	3.63±0.00 ^B	3.60±0.01 ^C	3.71±0.01 ^A	AJP	

حسبت النتائج كمتوسط حسابي ± الانحراف المعياري (n=3)، القيم التي لا تتشارك بنفس الحرف في الصف الواحد تدل على وجود فرق معنوي مهم إحصائياً (p<0.05).

تأثير إضافة PPE على العكارة واللون %T₄₄₀ في عصير التفاح خلال التخزين

يبين الجدول (4-2) المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح خلال التخزين، ومن الجدول نلاحظ ارتفاع قيمة العكارة بشكل تدريجي لكلا النوعين من عصير التفاح ($P<0.05$)، وكان معدل الارتفاع في عصير التفاح AJ حتى نهاية فترة التخزين عند الدرجة 4°C و 25°C تقريباً 10.6% و 22.3% على الترتيب، بينما كان معدل الارتفاع في قيمة العكارة لعصير التفاح AJP عند الدرجة 4°C و 25°C تقريباً 9.3% و 17.6% على الترتيب، ونلاحظ ارتفاع قيمة العكارة في عصير AJP في الشهر الأول من التخزين وقد يعزى ذلك لتفاعل الفينولات الموجودة في المستخلص مع البروتينات والسكريات في العصير، عموماً كانت الزيادة في قيمة العكارة عند التخزين على الدرجة 25°C أكبر من تلك الملحوظة لنفس العينة المخزنة عند الدرجة 4°C ، وتعزى زيادة تشكل العكارة عند درجات الحرارة المرتفعة إلى ارتفاع قابلية الحركة الجزيئية و/أو قابلية التفاعل للجزيئات المسؤولة عن العكارة مقارنةً بتلك الملحوظة عند درجات حرارة منخفضة [26].

أما بالنسبة لتغير لون عصير التفاح فنلاحظ من الجدول (4-2) أن قيمة النفاذية عند 440nm لعصير التفاح AJ انخفضت على طول فترة التخزين ($P<0.05$) عند الدرجة 4°C والدرجة 25°C تقريباً بمعدل 29.3% و 43.7% على الترتيب، بينما حافظت على قيمتها في عصير التفاح AJP حتى نهاية الشهر الأول من التخزين، لكنها انخفضت في نهاية التخزين عند الدرجة 4°C والدرجة 25°C تقريباً بمعدل 4.4% و 6.1% على الترتيب، ويعزى تغير اللون نتيجة لزيادة العكارة خلال التخزين.

الجدول (4-2) المواصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير التفاح خلال التخزين

شهر 2		شهر 1		شهر 0	النوع	المؤشر Turbidity (NTU)
25°C	4°C	25°C	4°C	-	-	
$11.87\pm 0.05^{\text{A}}$	$10.73\pm 0.03^{\text{B}}$	$9.87\pm 0.03^{\text{C}}$	$9.83\pm 0.01^{\text{C}}$	$9.70\pm 0.01^{\text{D}}$	AJ	

11.44±0.03 ^A	10.63±0.03 ^B	9.96±0.04 ^E	9.87±0.02 ^C	9.72±0.02 ^D	AJP	
25°C	4°C	25°C	4°C	-	-	T ₄₄₀ %
47.48±0.44 ^E	59.64±0.09 ^D	50.20±0.03 ^C	61.59±0.03 ^B	84.47±0.02 ^A	AJ	
66.50±1.02 ^B	67.69±1.54 ^B	70.30±0.54 ^A	70.87±0.03 ^A	70.84±0.56 ^A	AJP	
25°C	4°C	25°C	4°C	-	-	TFC (mg GA \ L)
125.00±2.11 ^E	161.73±1.96 ^D	183.73±1.02 ^C	190.83±1.01 ^B	193.80±0.20 ^A	AJ	
162.54±2.20 ^E	178.99±1.77 ^D	189.26±1.71 ^C	205.74±1.26 ^B	211.65±0.45 ^A	AJP	

حسبت النتائج كمتوسط حسابي ± الانحراف المعياري (n=3)، القيم التي لا تتشارك بنفس الحرف في الصف الواحد تدل على وجود فرق معنوي مهم إحصائياً (p<0.05).

تأثير إضافة PPE على محتوى المركبات الفينولية TFC في عصير التفاح خلال التخزين

لوحظ انخفاض إجمالي محتوى المركبات الفينولية في عينات عصير التفاح خلال فترة التخزين (P<0.05) كما وجد أن إجمالي محتوى المركبات الفينولية تأثر سلباً بارتفاع درجة حرارة التخزين، حيث انخفض محتواها لعصير التفاح AJ في نهاية فترة التخزين عند الدرجة 4°C والدرجة 25°C تقريباً بمعدل 16.5% و 35.5% على الترتيب، بينما انخفضت لعصير التفاح AJP في نهاية فترة التخزين عند الدرجة 4°C والدرجة 25°C تقريباً بمعدل 15.4% و 23.2% على الترتيب

(الجدول 5)، ومن المعروف أن المركبات الفينولية تتخفف أثناء التخزين بسبب تفاعلات مثل الأكسدة والبلمرة [27].

5. الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت إضافة PPE إلى عصير التفاح بتركيز 0.2% قبولاً حسياً جيداً من حيث اللون والرائحة والطعم والقبول العام مقارنةً بالتراكيز الأخرى، كما أظهرت تحسناً في محتوى المركبات الفينولية في العصير المدعم بالمستخلص مقارنةً بالعصير غير المدعم، لكنها أثرت بشكل سلبي على العكارة واللون، كما حسنت هذه الإضافة من جودة عصير التفاح بشكل جيد خلال التخزين مقارنةً مع عصير التفاح بدون إضافة المستخلص، أما بالنسبة لدرجة حرارة التخزين فقد وُجد أن التخزين في الدرجة 4°C أفضل منه عند الدرجة 25°C لأنها تحد بشكل جيد من التغيرات الفيزيائية والكيميائية.

نوصي بدراسة طرق استخلاص جديدة مثل الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية أو الاستخلاص بمساعدة الأنزيمات والتي توفر الوقت والجهد وتعطي مردوداً أعلى، كما نوصي باستخدام مواد أخرى غير قشور الرمان مثل بذور العنب وقشور التفاح وقد تكون من مخلفات الصناعات الغذائية بالإضافة لدراسة استخدام هذه المستخلصات كمواد حافظة لتقليل نسبة المواد الحافظة الصناعية المستخدمة وتكون آمنة صحياً.

المراجع:

1. Aydin, M., Eyiz, V., & Tontul, I. (2024). *Value addition of fruit processing industrial waste*. In M. Selvamuthukumar (Ed.), *Wealth out of food processing waste* (1st ed., p. 290). CRC Press.

2. FAO. (2012). *Statistical database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Codex Alimentarius Commission.
3. Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2018). Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review. *Food Chemistry*, 261, 75–86.
4. Andrade, M. A., Lima, V., Silva, A. S., et al. (2019). Pomegranate and grape by-products and their active compounds: Are they a valuable source for food applications? *Food Science & Technology*, 86, 68–84.
5. Russo, M., Fanali, C., Tripodo, G., Dugo, P., Muleo, R., Dugo, L., De Gara, L., & Mondello, L. (2018). Analysis of phenolic compounds in different parts of pomegranate (*Punica granatum*) fruit by HPLC-PDA-ESI/MS and evaluation of their antioxidant activity: Application to different Italian varieties. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410, 3507–3520.
6. Wang, Z. B., Pan, Z. L., Ma, H. L., & Atungulu, G. G. (2011). Extract of phenolics from pomegranate peels. *Food Science*, 5, 17–25.
7. Pirzadeh, M., Caporaso, N., Rauf, A., Shariati, M. A., Yessimbekov, Z., Khan, M. U., Imran, M., & Mubarak, M. S. (2021). Pomegranate as a source of bioactive constituents: A review on their characterization, properties and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61, 982–999.
8. Nuamsetti, T., Dechayuenyong, P., & Tantipaibulvut, S. (2012). Antibacterial activity of pomegranate fruit peels and arils. *ScienceAsia*, 38, 319.

9. Fernandez, M. V., Bengardino, M., Jagus, R. J., & Agüero, M. V. (2020). Enrichment and preservation of a vegetable smoothie with an antioxidant and antimicrobial extract obtained from beet by-products. *LWT - Food Science and Technology*, *117*, 108622.
10. Trigo, J. P., Alexandre, E. M., Silva, S., Costa, E., Saraiva, J. A., & Pintado, M. (2020). Study of viability of high-pressure extract from pomegranate peel to improve carrot juice characteristics. *Food & Function*, *11*(4), 3410–3419.
11. Maleš, I., Dobrinčić, A., Zorić, Z., et al. (2023). Phenolic, headspace and sensory profile, and antioxidant capacity of fruit juice enriched with *Salvia officinalis* L. and *Thymus serpyllum* L. extract: Potential for a novel herbal-based functional beverage. *Molecules*, *28*(9), 3656.
12. Mastrodi Salgado, J., Baroni Ferreira, T. R., de Oliveira Biazotto, F., & dos Santos Dias, C. T. (2012). Increased antioxidant content in juice enriched with dried extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel. *Plant Foods for Human Nutrition*, *67*, 39–43.
13. Benyoucef, N., & Mameri, N. (2023). Valorization of pomegranate peels as a healthy ingredient to preserve orange juice. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *11*(6), 1038–1045.
14. Aydin, M., Tontul, I., & Turker, S. (2025). Upcycling of pomegranate by-products: Pomegranate juice enrichment with phenolics-rich extracts obtained by green extraction methods. *Food Science & Nutrition*, *13*, e70250.
15. Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Harholt, J., Brimer, L., Gökmen, V., & Skibsted, L. H. (2013). Palatability and chemical safety of apple juice fortified with pomegranate peel extract. *Food & Function*, *4*(10), 1468–1473.

16. AOAC. (2006). *Official method 932.14: Solids in syrups*. In *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
17. AOAC. (2000). *Official method 942.15: Acidity (titrable) of fruit products*, read with AOAC official method 920.149: *Preparation of test sample*. AOAC International.
18. Çoklar, H., & Akbulut, M. (2010). Effect on phenolics, HMF and some physicochemical properties of apple juice concentrate of activated carbon applied at different temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 33, 370–383.
19. Eyiz, V., Tontul, I., & Turker, S. (2020). Optimization of green extraction of phytochemicals from red grape pomace by homogenizer-assisted extraction. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 39–47.
20. Gözlekçi, Ş., Saraçoğlu, O., Onursal, E., & Özgen, M. (2011). Total phenolic distribution of juice, peel and seed extracts of four pomegranate cultivars. *Pharmacognosy Magazine*, 7(26), 161–164.
21. Hmid, I., Elothmani, D., Hanine, H., Oukabli, A., & Mehinagic, E. (2017). Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2675–S2684.
22. Hegazi, N. M., El-Shamy, S., Fahmy, H., & Farag, M. A. (2021). Pomegranate juice as a super-food: A comprehensive review of its extraction, analysis and quality assessment approaches. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103773.

23. Shahkoomahally, S., Shin, D., Habibi, F., Kim, J., & Sarkhosh, A. (2021). Profiling phenolic compounds in juice and peel of fourteen pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties grown in Florida, USA. *Food Chemistry Advances*, 2, 100225.
24. Tetik, N., Turhan, I., & Karhan, M. (2007). Turbidity due to proteins and polyphenols in clear apple juice and concentrates. *World Food*, 2007, 69–73.
25. Vázquez-Araújo, L., Chambers, E. IV., Adhikari, K., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2011). Physicochemical and sensory properties of pomegranate juices with pomegranate albedo and carpellar membranes homogenate. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2119–2125.
26. Muche, B. M., Speers, R. A., & Rupasinghe, H. V. (2018). Storage temperature impacts on anthocyanins degradation, color changes and haze development in juice of “Merlot” and “Ruby” grapes (*Vitis vinifera*). *Frontiers in Nutrition*, 5, 100.
27. Garcia-Hernandez, C., Salvo-Comino, C., Martin-Pedrosa, F., Garcia-Cabezón, C., & Rodríguez-Mendez, M. L. (2020). Analysis of red wines using an electronic tongue and infrared spectroscopy: Correlations with phenolic content and color parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 118, 108785.