مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٤) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (14) 2025

دراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية للبكتين المستخلص من قشور البرتقال (*Citrus sinensis*).

د. علي علي*

م. محمد عمران**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٥/٢٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٥/١١/٣)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث استخلاص البكتين من قشور البرتقال (*Citrus sinensis*) بطريقة (Lira-Ortiz *et al.*,2014a) باستخدام حمض الستريك ودراسة بعض خصائصه الفيزيوكيميائية (مردود الاستخلاص ونسبة الرماد الكلي والوزن المكافئ إضافةً لمحتوى الميتوكسيل). وقد أُجريَّ هذا البحث في جامعة اللاذقية كلية الهندسة الزراعية قسم علوم الأغذية / ٢٠٢٥ و أوضحت النتائج أن مردود استخلاص البكتين من قشور البرتقال المجففة كان ضمن النطاق المقبول والمُسجَّل في الدراسات العلمية لاستخلاص البكتين من الحمضيات والذي بلغ ١٦,٥%، و أظهرت نتيجة اختبار الرماد الكلي لعينة البكتين المستخلصة من قشور البرتقال نسبة 4.15% وتُعد هذه القيمة مؤشرًا على نقاء البكتين وانخفاض محتوى الشوائب غير العضوية والمعادن الزائدة فيه. واشارت القيمة المحسوبة للوزن المكافئ والتي بلغت (٥٠٠ ملي مكافئ/ملغ) إلى جودة عالية للبكتين المستخلص، مما يُعزز من فرص استخدامه في التطبيقات الصناعية. كما أن القيمة التي تم الحصول عليها لمحتوى الميتوكسيل (٤,٩٦%) قد عكست جودة مرتفعة للبكتين المستخلص من قشور البرتقال، وذلك يؤكد فعالية الاستخلاص باستخدام حمض الستريك كخيار بيئي وآمن في استخلاص بكتين عالي الجودة من مصادر طبيعية.

الكلمات المفتاحية: قشور البرتقال (*Citrus sinensis*)، بكتين، الخصائص الفيزيوكيميائية.

*أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

**طالب دكتوراه في قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٤) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (14) 2025

Study of some physiochemical properties of pectin extracted from orange peels (*Citrus sinensis*).

Dr . Ali Ali*

Eng . Mohammed Omran**

(Received 20/5/2025 . Accepted 3/11/2025)

□ ABSTRACT □

In this study, Pectin was extracted from orange peels (*Citrus sinensis*), using the method (Lira-Ortiz et al., 2014) using citric acid. some of its physiochemical properties were studied, including (extraction yield, total ash content, equivalent weight, and methoxyl content). This study was conducted at the University of Latakia, Faculty of Agricultural Engineering, Department of Food Sciences /2025. The results indicated that the extraction yield of pectin from dried orange peels was within the acceptable range reported in scientific studies for citrus pectin extraction, reaching 16.5%. The total ash content test of the extracted pectin sample showed a value of 4.15%, which indicates a high level of purity and low content of inorganic impurities and excess minerals. The calculated equivalent weight, which reached 500 mg/meq, also pointed to the high quality of the extracted pectin, enhancing its potential for industrial applications. Furthermore, the obtained methoxyl content value (4.96%) reflected the superior quality of the pectin extracted from orange peels, confirming the effectiveness of using citric acid as an environmentally friendly and safe option for extracting high-quality pectin from natural sources.

Key Words: Orange peels (Citrus sinensis), pectin, physiochemical properties.

*Assistant Professor, Department of Food Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.

**PhD Student, Department of Food Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria

1. مقدمة:

تعد ثمار الحمضيات من ثمار الفاكهة الأكثر إنتاجاً للمخلفات الغنية بالمواد البيوكيميائية مثل البكتين، وذلك أثناء العمليات التصنيعية في مجال الصناعات الغذائية. كما أشارت الدراسات إلى أن نصف كمية البكتين المستخرجة تجارياً والمستخدمة في صناعة الأغذية من قشور الحمضيات .ولم يستخدم هذا البكتين كعامل تهلم فقط، بل أيضاً في تطبيقات أخرى بشكل واسع جداً (Wang, Z *et al*.,2011).

عُرف البكتين منذ عدة عقود حيث بدأت الدراسات عليه عام 1824 م من قبل Henry Braconnot الذي أطلق عليه اسم حمض البكتيك (حمض مادة التهلم) ، وقد أثبتت الأبحاث الحديثة أن قشور ثمار الفاكهة قد تحتوي على العديد من المكونات النشطة بيولوجياً والتي لها خصائص هامة جداً في الغذاء، ومن هذه المواد البيوكيميائية نذكر: السيللوز والنشاء ومضادات الأكسدة والأحماض العضوية والتانينات والبكتين (Kim, H *et al*.,2010) . والبكتينات عبارة عن سلاسل طويلة من حمض الغلاكتورونيك المرتبطة مع بعضها بالرابطة ألفا (١-٤) (Sundar Raj, A, A *et al*.,2012).

ففي دراسة أجراها Wang وآخرون (٢٠٠٨) على ثمانية أنواع من الحمضيات، لوحظ أن إجمالي محتوى البكتين تراوح بين (٣٦,٠) إلى (٨٦,٤) ميللي غرام /غرام على أساس الوزن الجاف.

وأشارت الدراسات إلى أن النسبة المئوية للبكتين في قشور البرتقال *Citrus Sinesis* (٢,٥-٥,٥%) على أساس الوزن الرطب. وتراوحت نسبته في لب الليمون ما بين (٢,٥-٤%) من الوزن الرطب (Karr, A. L.1976). وأشارت التقديرات إلى أن إنتاج عصير البرتقال يولد ما يقارب 10 مليون طن سنوياً من المخلفات الغنية بالبكتين ولا يستخدم سوى جزء صغير منها كعلف للحيوانات (Stewart, D *et al*.,2008). كما ذُكِر أن المصادر الرئيسية للبكتين التجاري هي مخلفات الحمضيات (اللب والقشور) (Arslan, N., and Kar, F.,1999) .

ومن العوامل المؤثرة على مردود استخلاص البكتين:

- **نوع الحمض المستخدم :**حيث تم في هذا البحث الاعتماد على حمض الستريك كعامل استخلاص لطيف يحافظ على جودة البكتين.
- **درجة الحرارة وزمن الاستخلاص; :**كاستخدام درجة حرارة مناسبة مثل ٨٥°م مع زمن تقريبي (٩٠ دقيقة) حيث ساهم في تحسين كفاءة عدم تحلل البكتين.
- **نسبة المادة الصلبة إلى السائل** (S/L): إذ تؤثر هذه النسبة بشكل كبير في فعالية الاستخلاص.
- **درجة طحن القشور :**إن الطحن الناعم يزيد من مساحة التماس مع المحلول الحمضي مما يحسن المردود.

(Lira-Ortiz *et al*.,2014a)

2. أهمية البحث وأهدافه:

نظراً لوجود فائض من الحمضيات الغنية بالبكتين في سورية، جاءت فكرة البحث للاستفادة من المنتجات الثانوية لقشور البرتقال من هذا البكتين لما له من أهمية في الصناعات الغذائية حيث يمكن استخدامه كمكثف ومثبت في المربيات، الجيلي، الحلويات، منتجات الألبان، والمعجنات بالإضافة إلى استخدامه في صناعة المغلفات العضوية حيث يعمل على تحسين القوام والملمس وإطالة مدة صلاحية المنتجات.

يهدف البحث إلى استخلاص البكتين من قشور ثمار البرتقال ودراسة بعض خصائصه الفيزيوكيميائية.

3. طرائق البحث ومواده:

1.3.مواد البحث:

البرتقال: تم الحصول على البرتقال (*Citrus Sinesis*) من مزرعة خاصة وإزالة لب البرتقال من القشور وغسلها وتخزينها في أكياس بلاستيكية لحين الاستخلاص.

2.3.طرائق البحث:

استخلاص البكتين: تم استخلاص البكتين بطريقة (Lira-Ortiz *et al*.,2014a) وفق الخطوات التالية:

1. تحضير القشور

- غسلها وتجفيفها عند درجة حرارة ٦٠°م لمدة ٢٤ ساعة.
- طحنها حتى تتحول إلى مسحوق ناعم.

2. الاستخلاص الحمضي

- تم استخدام حمض الستريك كمذيب بنسبة 0.05مول/لتر.
- ضبط pH إلى حوالي ١,٥–٢ بإضافة (1N HCL).
- استخلاص البكتين عند درجة حرارة ٨٥°م لمدة ٦٠ دقيقة.
- نسبة المواد الصلبة إلى السائل (١:٣٠ وزن/حجم).

3. الترشيح

رشح المحلول الساخن باستخدام ورق الترشيح لفصل البقايا الصلبة عن السائل المحتوي على البكتين.

٤. الترسيب بالكحول

- إضافة كحول الإيثانول بنسبة **2:1** إيثانول: مستخلص.
- ترك الخليط في درجة حرارة الغرفة لمدة ١٢ ساعة لترسيب البكتين.

5. الغسل والتجفيف

- غسل البكتين المترسب بالإيثانول المطلق.
- تجفيفه في فرن بدرجة حرارة ٤٠–٥٠°م لمدة ٢٤ ساعة.
- طحنه لتحويله إلى بودرة ناعمة وتخزينه في درجة حرارة الغرفة في برطمانات مغلقة حتى وقت الاستخدام.

4.الاختبارات الفيزيوكيميائية للبكتين:

أ. تقدير نسبة البكتين (مردود الاستخلاص):

تم حساب النسبة المئوية للبكتين وفق العلاقة التالية:

(١) نسبة البكتين % = (وزن البكتين المستخلص/ وزن العينة التي استخلص منها البكتين) ×١٠٠

- وزن القشور الجافة المستخدمة: ١٠٠ غرام
- وزن البكتين المستخلص الجاف: ١٦,٥ غرام. (A.O.A.C.,1975).

تُظهر الدراسات العلمية أن مردود البكتين يختلف حسب نوع الحمضيات المستخدمة كمصدر، بناءً على التركيب الكيميائي الطبيعي لكل نوع وظروف الاستخلاص. فيما يلي جدول (١) يوضح مردود البكتين من بعض الأنواع الشائعة:

جدول (١): مردود البكتين من بعض الأنواع الشائعة من الحمضيات

نوع الحمضيات	متوسط مردود البكتين(%)	المرجع العلمي
البرتقال(*Citrus sinensis*)	12–20%	Lira-Ortiz et al., 2014b; Minjares-Fuentes *et al.*, 2014
الليمون(*Citrus limon*)	10–18%	Pagán *et al.*, 2001
الجريب فروت(*Citrus paradisi*)	8–15%	Huang *et al.*, 2018
اليوسفي(*Citrus reticulata*)	9–17%	Minjares-Fuentes *et al.*, 2014b

ب. تقدير الرماد الكلي:

تم تقدير الرماد الكلي باتباع طريقة التحليل الوزني بحرق العينة في بوتقة احتراق بواسطة مرمدة على درجة حرارة (٥٢٥–٥٠٠) مْ حتى الحصول على الرماد، وذلك بثبات الوزن وأُخِذ الفرق قبل وبعد الترميد كمقياس لوزن الرماد (A.O.A.C.,1975).

(٢) نسبة الرماد الكلي % = (وزن الرماد/ وزن العينة الأصلية) × ١٠٠

- وزن الرماد: ٠,٠٤١٥ غرام
- وزن العينة الأصلية: ١ غرام

فيما يلي جدول (٢) يوضح نسبة الرماد الكلي للبكتين المستخلص من أنواع مختلفة من الحمضيات:

جدول (٢): نسبة الرماد الكلي للبكتين المستخلص من أنواع مختلفة من الحمضيات

نوع الحمضيات	نسبة الرماد الكلي(%)	المرجع
البرتقال(*Citrus sinensis*)	4.35	Lira-Ortiz *et al.*, 2014b
الليمون(*Citrus limon*)	3.85	Mollea *et al.*, 2008
الجريب فروت(*Citrus paradisi*)	5.12	Ismail *et al.*, 2012a
اليوسفي(*Citrus reticulata*)	4.90	Yapo *et al.*, 2009
النارنج(*Citrus aurantium*)	4.30	Mohnen, 2008
البرتقال باستخدام حمضHCl	5.20	Alvarez *et al.*, 2020

- أدنى نسبة رماد كلي سُجلت في بكتين الليمون (3.85%)، ويُعزى ذلك غالبًا إلى قلة المكونات غير العضوية في القشور أو فعالية التنقية.
- أعلى نسبة رماد كلي وُجدت في بكتين الجريب فروت (5.12%)، ويرتبط ذلك بمحتواه الأعلى من الكالسيوم والمعادن الأخرى في القشور.

ج. الوزن المكافئ :

يُعد الوزن المكافئ من أهم الخصائص الكيميائية المستخدمة لتقييم جودة البكتين، حيث يعكس مقدار الأحماض الكربوكسيلية الحرة في السلسلة الجزيئية، مما يؤثر على قدرته على تشكيل الجل وتطبيقاته المختلفة، حدد الوزن المكافئ بطريقة (Ranganna.,1995) حيث أُخِذ ٠,٥ غ من العينة ووضع في دورق مخروطي سعة 250مل وأضيف 5 مل من الإيثانول، أضيف لها 1 غ من كلوريد الصوديوم و 100مل من الماء المقطر، ثم أضيف لها 6 قطرات من الفينول الأحمر وتمت المعايرة بمحلول NaOH (0.1 N) بتحول اللون الى اللون الأرجواني .خزن هذا المحلول المتعادل من أجل استعماله في حساب محتوى الميتوكسيل .وتمَّ حساب الوزن المكافئ وفق العلاقة التالية:

(٣) الوزن المكافئ = وزن العينة × ١٠٠٠ / حجم القلوي المستخدم (مل) × عياريته

- وزن العينة: ٠,٥ غرام
- حجم NaOH المستخدم: ١٠ مل
- عيارية NaOH: ٠,١

د. محتوى الميتوكسيل :

يُعد محتوى الميثوكسيل من الخصائص الكيميائية الأساسية التي تحدد جودة البكتين وخصائصه الوظيفية، كقدرته على التكوين الهلامي وتطبيقاته في المنتجات الغذائية. يعبر محتوى الميثوكسيل عن النسبة المئوية للمجموعات الميثيلية المرتبطة بوحدات حمض الجالاكتورونيك، وتؤثر هذه النسبة بشكل مباشر على درجة الاسترة، وبالتالي على نوع البكتين الناتج، سواء أكان عالي الاسترة أو منخفض الاسترة (Ranganna, 1995) .

تم حساب المحتوى من الميتوكسيل بطريقة (Ranganna.,1995) حيث جُمع المحلول المتعادل من عملية تحديد الوزن المكافئ، وأضيف إليه 25 مل من هيدروكسيد الصوديوم (0.25 N). مزج المحلول جيداً وحفظ في درجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة .وبعد مرور 30 دقيقة أضيف إليه 25 مل حمض كلور الماء (0.25 N) وتمت المعايرة بمحلول NaOH (0.1 N) وحُسبَ محتوى الميتوكسيل كما يلي:

(٤) محتوى الميتوكسيل % = حجم القلوي المستخدم (مل) × عياريته × ٣,١ / وزن العينة.

- حجم NaOH المستخدم: ٨ مل
- عياريته: ٠,١
- وزن العينة: ٠,٥ غرام.

5. النتائج والمناقشة:

أ. تقدير نسبة البكتين (مردود الاستخلاص)

يعتبر مردود ١٦,٥% من البكتين المستخلص من قشور البرتقال المجففة ضمن النطاق المقبول والمُسجَّل في الدراسات العلمية لاستخلاص البكتين من الحمضيات. وبالمقارنة مع الدراسات السابقة:

- أشار Lira-Ortiz *et al.* (2014a) إلى أن مردود البكتين المستخلص باستخدام حمض الستريك من قشور البرتقال المجففة قد يصل إلى ٢٠,٦%.
- بينما أظهر Minjares-Fuentes *et al.* (2014b) مردودًا قدره 18.4%باستخدام حمض الهيدروكلوريك.
- في دراسات أخرى باستخدام التقنيات المساعدة كالأنزيمات أو الموجات فوق الصوتية، وصلت بعض المردودات إلى 23%–21.

إن مردود ١٦,٥% المحقق في هذه التجربة يُظهر أن ظروف الاستخلاص كانت فعالة إلى حد جيد في تحرير البكتين من الجدران الخلوية لقشور البرتقال، مع تجنب الفقد الكبير أو تدهوره خلال الاستخلاص(Lira-Ortiz *et al.* 2014a) .

في هذه التجربة، تم تحقيق مردود 16.5%من قشور البرتقال، وهو يقع ضمن الحد الأعلى للنطاق المسجل لقشور البرتقال، وأعلى من المتوسطات المسجلة لقشور الليمون والجريب فروت.

- قشور البرتقال تحتوي طبيعيًا على محتوى أعلى من البروتو بكتين (البكتين غير الذائب)، وهو الشكل الأولي للبكتين القابل للتحلل خلال عملية الاستخلاص.

- التركيب الخلوي لقشور البرتقال أكثر مسامية مقارنة ببعض الأنواع الأخرى، مما يسمح باستخلاص أسهل.
- توازن الحموضة الطبيعية (pH الداخلي) لقشور البرتقال يسهم في الحفاظ على البكتين أثناء مراحل الاستخلاص والمعالجة. (Lira-Ortiz *et al.* 2014a)

ب. تقدير الرماد الكلي:

أظهرت نتيجة اختبار الرماد الكلي لعينة البكتين المستخلصة من قشور البرتقال نسبة 4.15%، وهي نسبة مقبولة وتقع ضمن الحدود المعتمدة للبكتين التجاري، والتي عادةً لا تتجاوز 10%وفقًا للمواصفات الصناعية (FAO/WHO, 2009)وتُعد هذه القيمة مؤشرًا على نقاء البكتين وانخفاض محتوى الشوائب غير العضوية والمعادن الزائدة. وبالمقارنة مع الدراسات السابقة:

- في دراسة Lira-Ortiz *et al.* (2014a)، بلغت نسبة الرماد الكلي للبكتين المستخلص باستخدام حمض الستريك 4.35%، وهي قريبة جدًا من النسبة الحالية، مما يعزز موثوقية الطريقة المستخدمة في هذه التجربة (الحرارة، نوع الحمض، مدة الاستخلاص).
- أما دراسة Minjares-Fuentes *et al.* (2014a) التي استخدمت تقنية الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية، فقد سجلت نسبة رماد أقل وصلت إلى 3.1%، ويُعزى ذلك إلى زيادة كفاءة العزل النقي وتقليل استخلاص المكونات غير العضوية من القشور.
- في حين أن دراسة Alvarez *et al.* (2020) التي استخدمت استخلاصًا تقليديًا بحمض الهيدروكلوريك سجلت نسبًا أعلى من الرماد وصلت إلى 5.2%، مما يشير إلى أن نوع الحمض المستخدم في الاستخلاص يؤثر على تركيز المعادن المترسبة مع البكتين.

الفرق الطفيف في نسب الرماد بين هذه الدراسات يعود إلى:

- نوع الحمض (الستريك مقابل الهيدروكلوريك أو غيره) .
- مدة الاستخلاص ودرجة الحرارة.
- نقاء القشور قبل المعالجة.
- تقنية التصفية أو التبخير.

نسبة الرماد الكلي (٤,١٥%) لعينة البكتين المستخلصة تشير إلى استخلاص فعال مع درجة نقاء جيدة، خاصة عند استخدام حمض الستريك كونه طبيعي وغير سام ويحد من إذابة المعادن الثقيلة وهي قريبة من نتائج الدراسات المعتمدة، مما يشير إلى نجاح الطريقة المتبعة. (Lira-Ortiz *et al.* 2014a)

بكتين البرتقال (4.15%) يقع في المنتصف لقيم المتوسطات المسجلة لقشور الليمون واليوسفي والنارنج، ويُعد مؤشرًا جيدًا على النقاء، خاصة عند مقارنته بالبرتقال المستخلص باستخدام حمض الهيدروكلوريك (5.2%) .

ج. الوزن المكافئ :

في هذه الدراسة، بلغ الوزن المكافئ للبكتين المستخلص من قشور البرتقال المجففة والمطحونة 500ملي مكافئ/ملغ، وهي قيمة تُعد مرتفعة نسبيًا وتعكس وجود عدد أقل من مجموعات الكربوكسيل الحرة، مما يُشير إلى ارتفاع درجة الأسترة(Ranganna, 1995).

عند مقارنة هذه النتيجة بالدراسات السابقة، نجد أنها تقع ضمن النطاق الأعلى للقيم المسجلة باستخدام طرق الاستخلاص التقليدية. فقد أشار Lira-Ortiz *et al.* (2014a) بأن الوزن المكافئ للبكتين المستخلص من قشور البرتقال باستخدام حمض الستريك بلغ 540–475ملي مكافئ/ملغ، مما يجعل القيمة الحالية متوافقة تمامًا مع هذا النطاق. وبالمثل، سجل Ismail *et al.* (2012b) وزنًا مكافئًا تراوح بين 500و٥٣٠ ملي مكافئ/ملغ عند استخدام حمض الخل بتركيز منخفض ودرجة حرارة ٩٠°م.

أما الدراسات التي استخدمت الأحماض المعدنية، فقد سجلت قيمًا أقل، مثل Minjares-Fuentes *et al.* (2014b)الذين سجلوا وزن مكافئ تراوح بين 420و٤٨٥ ملي مكافئ/ملغ عند استخدام حمض الهيدروكلوريك. ويُعزى هذا الانخفاض إلى القدرة العالية للأحماض المعدنية على تحلل سلاسل البكتين وتقليل درجة الأسترة، مما يؤدي إلى زيادة عدد مجموعات الكربوكسيل الحرة.

تؤكد هذه النتائج أن اختيار حمض الستريك كمذيب لاستخلاص البكتين يساهم في الحفاظ على التركيب الجزيئي ويُنتج بكتينًا عالي الأسترة بوزن مكافئ مرتفع، وهو ما يُعد مرغوبًا في الصناعات الغذائية، خصوصًا في تصنيع الجيلي، والمربى، والأغلفة الحيوية القابلة للأكل.(Mollea *et al.*, 2008; Yapo *et al.*, 2007)

د. محتوى الميتوكسيل:

في هذه الدراسة، تم استخلاص البكتين من قشور البرتقال المجففة والمطحونة باستخدام حمض الستريك، وكانت النتيجة أن بلغ محتوى الميثوكسيل 4.96% تُصنّف هذه النسبة ضمن الفئة المتوسطة إلى العالية، مما يدل على أن البكتين المستخلص يتمتع بقدرة جيدة على تكوين الجل في وجود السكر وضمن بيئة حامضية (Ranganna, 1995).

عند مقارنة هذه النتيجة بالدراسات السابقة، لوحظ توافق كبير مع القيم المسجلة باستخدام حمض الستريك كعامل استخلاص. حيث أشار Lira-Ortiz *et al.* (2014a) إلى أن محتوى الميثوكسيل للبكتين المستخلص من قشور البرتقال باستخدام حمض الستريك تراوح بين 4.8%و٥,٤ %، وهي قيم مماثلة لما تم الحصول عليه في هذه الدراسة.

أما Minjares-Fuentes *et al.* (2014b)، والذين استخدموا حمض الهيدروكلوريك في الاستخلاص، فقد أفادوا بنتائج أقل نسبيًا، تراوحت بين 4.3%و٤,٩%، وهو ما يُعزى إلى قدرة الأحماض المعدنية على إزالة المجموعات الميثيلية من سلاسل البكتين خلال الاستخلاص.

بالإضافة إلى ذلك، سجل Ismail *et al.* (2012b) محتوى ميثوكسيل تراوح بين 4.5%و٥,١ %عند استخدام حمض خليك في ظروف حرارية مشابهة، مما يدعم أن استخدام الأحماض العضوية يُحافظ على المجموعات الوظيفية للبكتين مقارنة بالطرق القاسية.

من جهة أخرى، أشارت دراسات تناولت أنواعًا مختلفة من الحمضيات إلى اختلاف في محتوى الميثوكسيل بين الأصناف. فمثلاً، سجل Yapo *et al.* (2007) محتوى ميثوكسيل قدره 3.5%إلى ٤,٥ %عند استخلاص البكتين من قشور النارنج (*C. aurantium*) ، بينما سجل Mollea *et al.* (2008) محتوى تراوح بين 3.8% إلى ٤,٢ %عند استخدام قشور الليمون(*C. limon*) ، مما يعكس أن قشور البرتقال الحلو (*C. sinensis*) غنية طبيعيًا ببكتين عالي الميثوكسيل نسبيًا.

تشير هذه النتائج إلى أن ظروف الاستخلاص المستخدمة (حمض الستريك، درجة حرارة معتدلة، مدة الاستخلاص) قد ساهمت في الحفاظ على المجموعات الميثيلية في جزيئات البكتين، وهو ما يُعزز من قيمة البكتين المستخلص في الصناعات الغذائية، خصوصًا في تصنيع الجيلات والمربى والمواد الهلامية.

6. الاستنتاجات والتوصيات

١,٦. الاستنتاجات

- يُعد مردود الاستخلاص (١٦,٥%) مناسبًا للاستخدامات الصناعية والغذائية، مثل تحضير الجيلاتين، تحسين القوام، وتصنيع المغلفات العضوية.
- نسبة الرماد الكلي (٤,١٥%) لعينة البكتين المستخلصة تعتبر دليلاً على جودة الاستخلاص والنقاء النسبي للعينة مما يشير إلى نجاح الطريقة المتبعة.
- استخدام حمض الستريك في الاستخلاص من البرتقال يؤدي إلى بكتين أنقى من الطرق التقليدية.
- تشير القيمة المحسوبة للوزن المكافئ (٥٠٠ ملي مكافئ/ملغ) إلى جودة عالية للبكتين المستخلص، مما يُعزز من فرص استخدامه في التطبيقات الصناعية التي تتطلب بكتينًا عالي الأسترة.
- تعكس القيمة التي تم الحصول عليها لمحتوى الميثوكسيل (٤,٩٦%) جودة مرتفعة للبكتين المستخلص من قشور البرتقال، ويؤكد ذلك فعالية استخدام حمض الستريك كخيار بيئي وآمن في استخلاص بكتين عالي الجودة من مصادر طبيعية.
- أظهرت النتائج أن طريقة الاستخلاص باستخدام حمض الستريك ساهمت في الحصول على بكتين بوزن مكافئ مناسب ومحتوى ميتوكسيل ضمن النطاق المرغوب فيه، مما يعزز من فعالية هذه الطريقة مقارنة بالأحماض المعدنية القوية.

٢,٦. التوصيات

- تجربة استخدام الموجات فوق الصوتية أو المعالجة بالأنزيمات كمساعدة للاستخلاص.
- ضبط دقيق لـ pH وزمن الاستخلاص لتحسين قابلية تحرير البكتين دون الإضرار بتركيبه.
- يُوصى بإجراء مزيد من المقارنات عند استخدام أنواع أخرى من الحمضيات أو تقنيات الاستخلاص المتقدمة مثل الأنزيمات أو الموجات فوق الصوتية.
- يمكن تحسين الوزن المكافئ ومحتوى الميتوكسيل أكثر من خلال تعديل درجة الحرارة، مدة الاستخلاص، وتركيز الحمض، بما يسهم في استخلاص بكتين عالي الاستقرار والفعالية.
- يوصى بإجراء دراسات مقارنة بين حمض الستريك، الأحماض المعدنية، والطرق المساعدة (مثل الموجات فوق الصوتية أو الإنزيمات) بهدف تحديد أفضل الشروط التي تحقق وزن مكافئ منخفض نسبيًا (لزيادة التفاعل الهلامي) ومحتوى ميتوكسيل أعلى، إذا كانت التطبيقات تتطلب بكتيناً عالي الأسترة.

7.المراجع

1. Alvarez, D., et al. (2020). *Influence of extraction conditions on yield and properties of pectin from orange peels*. Food Science and Technology. 22(6)
2. A.O.A.C. (1975*). Official Methods of Analysis 12th Edition. Association of Official Analytical Chemists.* Washington D.C., USA. 4, 128.
3. Arslan, N., and Kar, F.1999. *Effect of tern perature and concentration' on AJ ' viscosity of Orange peel pectin solution and Intrinsic viscosity = molecular weight relations*. acuity of engineering, department of chemical engineering, firat university, 23279 Elazig turkey.
4. Braconnot, Henri. Keppler, Frank *et al. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions*. Nature **439**, 187-190
5. FAO/*WHO expert committee on Food Additives (JECFA),Pectins* (INS 440)2009.
6. Huang, H., et al. (2018). *Enzyme-assisted extraction of pectin from citrus peel: A review.* Food Chemistry.
7. Ismail, O.A. et al. (2012a). *Extraction of pectin from grapefruit peel*. International Food Research Journal, 19(4).
8. Ismail, N. S. M., et al. (2012b). *Effect of different acids on extraction and characterization of pectin from pomelo peels.* International Food Research Journal, **19(2)**, 537–542.
9. Karr, A. L. 1976.*Cell wall bigenesis, in Plant Biochemistry,Bonner*, J. and Varner, J. E., Eds., AcademicPress, New York, 405.
10. Kim, H., Moon, J.Y., Lee, D.S., Cho, M., 2010. *Antioxidant and antiproliferative activities of mango (Magnifera indica L.*) flesh and peel. Food Chem 121: 429-436.
11. Lira-Ortiz, T., et al. (2014a). *Pectin extraction from orange peel using citric acid: Yield and functional properties.* Journal of Food Science and Technology.
12. Lira-Ortiz, T., et al. (2014b). *Extraction and characterization of pectin from citrus peel using citric acid.* Food Hydrocolloids, **40**, 214–220.
13. Minjares-Fuentes, R., et al. (2014a). *Pectin extraction from orange peel by conventional and ultrasound-assisted methods: Characterization and functional properties.* Food Hydrocolloids.
14. Minjares-Fuentes, R., et al. (2014b). *Extraction of pectin from orange peel using hydrochloric acid and citric acid.* Carbohydrate Polymers, **106**, 179–189.
15. Mohnen, D. (2008). *Pectin structure and biosynthesis*. Current Opinion in Plant Biology, 11(3).
16. Mollea, C., Chiampo, F., & Conti, R. (2008*). Extraction and characterization of pectins from waste lemon peels.* Chemical Engineering Transactions, 14.
17. Pagán, J., et al. (2001). *Ultrasound-assisted extraction of pectin from citrus peel.* Journal of Agricultural and Food Chemistry.
18. Ranganna, S. (1995). *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products.* 2nd ed. Tata McGraw-Hill.
19. Sundar Raj, A, A., Rubila, S., Jayabalan R, Ranganathan TV.2012. *A Review on Pectin: Chemistry due to General Properties of Pectin and its Pharmaceutical Uses. 1*:550 doi: 10.4172/ scientificreports. 550

20. Stewart, D., Raton, B., Widmer, W, W., Grohmann, K., Wilkins, M, R. .2008.*Ethanol Production from Solid Citrus Processing Waste. United States Patent Application Publication.* US2008.021384.

21. Yapo, B.M., et al. (2009). *Comparative study of pectin extracted from citrus peels.* Food Hydrocolloids, 23(1).

22. Yapo, B. M., et al. (2007). *Pectin from citrus peel: Composition and functional properties.* Food Chemistry, **100(4)**, 1356–1364.

23. Wang, Y., Chuang, Y. C. AND Hsu, H., 2008, *The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwa*n. Food Chem., 106: 277-284.

24. Wang, Z., Pan, Z., Ma, H. and Atungulu, G.G.2011. *Extract of phenolics from pomegranate peels*, Open Food Sci. J. 5: 17–25.