دراسة الخواص الفيزوكيميائية للبكتين المستخلص من قشور الموز *Musa paradisiaca* في ظروف مختلفة من الاستخلاص

روضة محمود العلي و سوسن علي حميد الحلفي*
قسم علوم الأغذية / كلية الزراعة / جامعة البصرة / العراق.
*Corresponding author: rawdah.ali@uobasrah.edu.iq; sawsan.hameed@uobasrah.edu.iq

الخلاصة
من اجل بيئة نظيفة وللاستفادة من المخلفات الزراعية كقشور الفواكه والتي تعتبر مصدرا مهما للبكتين وهو بوليمر ذو اهمية كبيرة واستعمالات واسعة في مجال الصناعات الغذائية. تعد قشور الموز مصدرا واعدا للإنتاج البكتين لذا كان جاءت هذه الدراسة لتحديد الظروف المثلى للاستخلاص, اذ تم دراسة تأثير درجة الحرارة وزمن الاستخلاص على قيمة الحاصل وبعض الصفات الفيزيوكيميائية, اذا تبين ان درجة حرارة 90 م° ووقت 90 دقيقة عند اس هيدروجيني 2 اعطت اعلى قيمة حاصل بلغت 31.8%.ومن ضمن معاير الجودة النوعية للكبتين التي تم تقديرها هي الوزن المكافئ (1190.48 -1038.46), مجموعة الميثوكسيل(9.18-4.09%), درجة الاسترة (90 .77-41.64%). محتوى حامض اليورونيك (77.88-24.42%). كانت ضمن مستويات مرضية مقارنة مع مصادر البكتين التجاري.
الكلمات المفتاحية: **قشور الموز; الاستخلاص; بكتين; المجاميع الوظيفية; درجة الاسترة.**

Study of the physical and chemical properties of pectin extracted from banana peels *Musa paradisiaca* under different extraction conditions

Sawsan A. Al-Hilifi* and Rawdah M. AL-Ali
Dep. of Food Science, College of Agriculture, University of Basrah, Basrah, Iraq.
*Corresponding author: rawdah.ali@uobasrah.edu.iq; sawsan.hameed@uobasrah.edu.iq

Abstract
For environmental and to benefit from agricultural residues such as fruit peels, which are an important source of pectin, a polymer of great importance and wide uses in the food industry. Banana peels are a promising source for pectin production, so this study came to determine the optimal conditions for extraction. The effect of temperature and extraction time on the yield value and some physicochemical characteristics was studied, if it was found that a temperature of 90 °C and a time of 90 minutes at pH 2 gave the highest value. A total of 31.8%. The quality parameters of pectin, e.g., equivalent weight (1190.48-1038.46), the methoxyl group (9.18-4.09%), the degree of esterification (90.77-4.1.64%). The content of anhydrouronic acid (77.88-24.42%). It was within satisfactory levels compared to commercial pectin sources.
Keywords: Banana peel, Pectin, Extraction, Functional group; Degree esterification.

المقدمة
يعد الموز واحد من اكثر الفواكه الاستوائية اهمية في السوق العالمي. تشكل قشور فاكهة الموز كمية معنوية من المخلفات الناتجة من العمليات التصنيعية التي تعادل 40% من الوزن الكلي لثمار الموز الطازجة. تترك هذه القشور بكميات كبيرة دون الاستفادة منها لأي غرض من الاغراض الصناعية كمخلفات صلبة. من هنا بدأ الاهتمام بمخلفات التصنيع الغذائي لحل الكثير من المشاكل الاقتصادية اضافة الى التخلص من التلوث البيئي (Molina and Roa, 2000;Nagarajaiah and Prakash, 2011;Castillo-Israel *et al* .,2015)
تعد قشور الموز مادة غنية بالبكتين، اذ تحتوي على ما يقارب 9-22% بكتين الذي له القابلية على تكوين شبكة هلامية يمكن الاستفادة منها في صناعة الجلي(Emaga *et al*., 2007;Lee *et al*., 2010;Sundar *et al*., 2012;Mohd Rasidek *et al* .,2018).
يعرف البكتين كيميائيا بانه سكريات متعددة سالبة الشحنة يتكون من ارتباط عدد كبير من وحدات حامض كالاكتورونيك Dgalacturonicacid مرتبطة مع بعضها بأواصر تساهمية من نوع 4-1الفا (وحدات GalA).

ينتج طبيعيا من النباتات. يشكل البكتين نسبة صغيرة من جدران خلايا الحشائش تتراوح من 2-10%، بينما تصل نسبته في نسيج الخشب 5%. يرتبط البكتين في النسيج النباتي بمكونات اخرى مثل السليلوز والهيميسليلوز التي تلعب دورا مهما في نمو وتطور النباتات، يعد البكتين من مكونات الأنسجة النامية في كل من الفواكه والخضر، يتواجد بكثرة في طبقات الصفيحة الوسطى مابين جدران خلايا النباتات له القالبية على امتصاص كميات كبيرة من الماء بسبب طبيعته الغروية، ايضا تحتوي جدران الخلايا الاولية كميات كبيرة تماما من البكتين، تنخفض هذه الكميات كثيراً أو حتى تختفي ابتداءاً من جدران الخلايا الوسطى باتجاه اغشية البلازما للخلايا النباتية.

(Willates *et al*. 2001;deAssis *et al* .,2001;Rao and Silva, 2006; Mellerowicz and Sundberg, 2008; Voragen *et al* .,2009; Cosgrove and Jarvis, 2012; Ferrari *et al* .,2013)

تعتمد فعالية البكتين الحيوية على المكان والتركيب الجزيئي ،اذ يعمل البكتين كهلام وبهذه الطريقة يساعد على التصاق الخلايا واعطاء نعومة لجدران هذه الخلايا لاستطالة الخلايا اذ تضفي هذه السكريات المتعددة القوة والدعامة للنباتات للمحافظة على تماسك الخلايا والمقاومة الميكانيكية لها، بالإضافة الى ذلك فان البكتين يؤثر على الكثير من صفات جدران الخلايا مثل المسامية ، الشحنة، الرقم الهيدروجيني والتوازن الايوني من خلال تكوين شبكة وحصر جزيئات المذاب التي لها القابلية على نقل الايونات ، كذلك ينشط البكتين من عملية دفاع النبات من خلال تفعيل تجميع المركبات المضادة للأكسدة والمضادة للأحياء المجهرية.

(Parre and Geitmann,2005; Harholt *et al*.,2010; Suarez *et al*.,2013; Benedetti *et al* .,2015)

بالرغم من توفر عدد كبير من الانواع النباتية، الا ان مصادر البكتين من الناحية التجارية محدودة. يعد تفل التفاح تاريخيا هو المصدر الرئيسي لإنتاج البكتين ولكن مع زيادة الاستعمال ازداد استعمال قشور الحمضيات في السنوات الأخيرة. حاليا فأن معظم البكتين المستخلص تجاريا هو من قشور الحمضيات التي تشكل 85.8%. تختلف النباتات في محتواها في نوعية وكمية البكتين وعلية تختلف الخواص الفيزيوكيميائية للبكتين المستخلص . Yapo *et al* .,2007;Nussinovitch and (Hirashima, 2013;Ciriminna *et al* .,2015). من المواد الرئيسية الخام التي تستعمل لإنتاج البكتين تجاريا التفاح ، قشور الحمضيات، قصب السكر واقراص زهرة الشمس، يستخلص البكتين تجارياً عند قيم رقم الهيدروجيني منخفض ودرجات حرارية عالية ويستعمل على نطاق واسع كمضافات غذائية يرمز لها بالرمز E440 كعامل مهلم ومثبت ومثخن في المربيات والجلي والمرملاد ومنتجات الالبان ومنتجات اللحوم ومنتجات الحلويات والمشروبات والصناعات الصيدلانية ومستحضرات التجميل (Nakamura *et al*., 2006; Zulueta *et al*., 2007; Brejnholt, 2009; Gunter and Popeyko, 2016; Lupi *et al* .,2014)

يستخلص البكتين من مواد مختلفة مما يؤدي الى اختلاف في التركيب الجزيئي للبكتين الناتج مثل محتوى الميثوكسيل ، درجة الاسترة ومحتوى الاستلة وعلى هذا الاساس فان البكتين الناتج يمتلك خواص وظيفية مختلفة Girma and (Worku, 2016) . يستعمل البكتين كعوامل استحلاب، عوامل تهلم ، تزجيج ،مثبت او مثخن في مختلف الاستعمالات التجارية .(Codex, 2015) هذه الصفات يطلق عليها بالخواص الريولوجية .

بدأ انتاج البكتين لأول مرة في المانيا في عام 1900 عندما حاولوا وصنعوا عصير التفاح بطبخ تفل التفاح الجاف كناتج عرضي من صناعة عصير التفاح، اكتشف البكتين لاول مرة من قبل العالم الفرنسي Vauguelin في عام 1790،بعدها جاءت تسمية. البكتين لأول مرة في عام 1825 من قبل العالم الفرنسي Henry Braconn المقتبسه من الكلمة الاغريقية Curdled , Congealed, Pektikos التي تعني تجمد او تصلب بعدها تم فصله وعزله ووصفه (Ciriminna *et al*.,2015 ; Mohamed, 2016;Girma and Worku, 2016;Kukwa *et al*., 2017;Chan *et al*., 2017 ;Sund arraj and Ranganathan, 2017)

نظرا لكثرة المخلفات الملوثة التي تسبب مشكلة بيئية كبيرة الناتجة من محلات بيع العصائر لذا يمكن استغلال قشور الموز في انتاج البكتين ودراسة صفاته الفيزيوكيميائية كبديل عن البكتين التجاري المستورد المستعمل في الكثير من الصناعات الغذائية والذي يستعمل بشكل اساس كامل تركيب واستحلاب وتبلور (Minhindukulasuriya & Lim,2014).

المواد وطرائق العمل

2-1: تحضير المادة الاولية: جمعت قشور الموز من محلات بيع العصائر في محافظة البصرة /العراق، نظفت بماء الحنفية ثم قطعت الى قطع صغيرة وفورمت بماكنة الفرم ، فرشت بعدها على رقائق الالمنيوم بشكل طبقة رقيقة ، جففت بدرجة حرارة 50 م مدة 5 ساعات ، طحنت بعدها بطاحونة القهوة للحصول على مسحوق ناعم ، حفظ في عبوات بلاستيكية لحين الاستعمال.

2-2: الاستخلاص: اتبعت الطريقة المذكورة من قبل da Gama *et al*.(2015) بخلط وزن معين من المادة الاولية الجافة مع حامض الستريك تركيزه 5% للحصول على رقم هيدروجيني 2 ، وضع الخليط على محرك مغناطيسي عند درجات حرارية مختلفة 60، 75 و90 م ومدد زمنية مختلفة 30، 60 و90 دقيقة كلا على حدا، رشح الخليط بقماش ململ بعد انتهاء

الاستخلاص ، اضيف للراشح الناتج حجم مساو من الكحول الاثيلي 96% ،ترك ليلة كاملة بالتبريد على 4 م˚ ، جمع الراسب بالترشيح ،غسل الراسب الناتج بالكحول الاثيلي 70% مرات عدة للتخلص من الشوائب ،جفف بعدها على 50م وحفظ في عبوات بلاستيكية ثم حسبت نسبة الحاصل على اساس الوزن الجاف من المعادلة التالية:

$$\% \text{ الحاصل} = \frac{\text{وزن البكتين الناتج}}{\text{وزن المادة الاولية}} * 100$$

3-2: **الوزن المكافئ:** تم اتباع الطريقه الموصوفه في (Mohamed. 2016) يوزن 0.5غم من البكتين المستخلص في دورق سعة 250مل اضيف له 5مل ايثانول لغرض الترطيب ثم 1غم من NaCl يتبعه 100مل ماء مقطر و3قطرات من دليل الفينول الاحمر و6قطرات من الدليل سححت محتويات الدورق مع NaOH N 0.1 لحين تغير اللون الى الوردي دلالة على نقطة انتهاء التفاعل حسب الوزن المكافئ من المعادلة التالية:

$$\text{Equ. W} \frac{Wt\ of\ Sauple}{ml\ of\ Al\ kali \times Novmality\ of\ al\ kali} \times 1000\text{t} =$$

4-2: محتوى الميثوكسيل: قدر محتوى الميثوكسيل حسب الطريقة المذكورة من قبل (Castillo-Israel *et al* .2015) ، ،يرطب 0.5 غم من البكتين ب5مل ايثانول ،يضاف 1غم من NaOH يتبعه 100مل ماء مقطر و3قطرات من دليل الفينول الاحمر و6 قطرات من الدليل يسحح مع NaOH N 0.1 لحين تغير اللون الى الوردي يضاف 25 مل منه 0.25 NaOH N ،يحرك جيدا على محرك مغناطيسي ويترك 30 دقيقه عند درجة حرارة المختبر ، يضاف بعده 25 مل من Hcl 0.25 ثم يسحح مع NaOH N 0.1 لحين الوصول الى نقطة النهاية السابقة او عند الرقم الهيدروجيني 5.7 .ويحسب المحتوى من المعادلة التالية :

$$\text{Methoxyl Content \%} = \frac{ml\ of\ NaoH \times NNaoH \times 31 \times 100}{wt\ of\ Sample \times 1000}$$

$$\text{Methoxyl Content\%} = \frac{ml\ alkali \times Nalkali \times 3.1}{Wt\ of\ Sample\ (g)}$$

5.2: **درجة الاسترة:** قدرت درجة الاسترة وفقا للمعادلة الموصوفة من قبل Kukwa et al.(2017) من كل من محتوى مجاميع الميثوكسيل وحامض anhyohouronic

$$\text{Degree of esterification} = \frac{176 \times methoxylcontent\% \times 100}{31 \times AuA\%}$$

$$\text{D.E\%} = \frac{176 \times Mec\% \times 100}{31 \times AuA\%}$$

6-2: **تقدير محتوى حامض اليورونيك اللامائي (Total anhydrouronic aciol (TAUA) :** تم حساب المحتوى الكلي لحامض اليورونيك اللامائي من المعادلة الموجودة في Nguyen and pirak(2019)

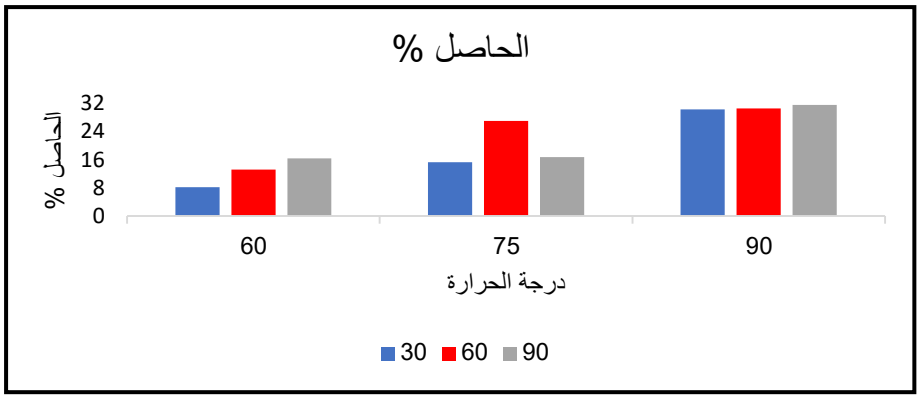
$$\text{AuA\%} = \frac{176 \times 0.1Z \times 100}{W \times 1000} + \frac{176 \times 0.1y \times 100}{W \times 1000}$$

Molecular unit of AuA(1unit)=176g,mole

النتائج والمناقشة

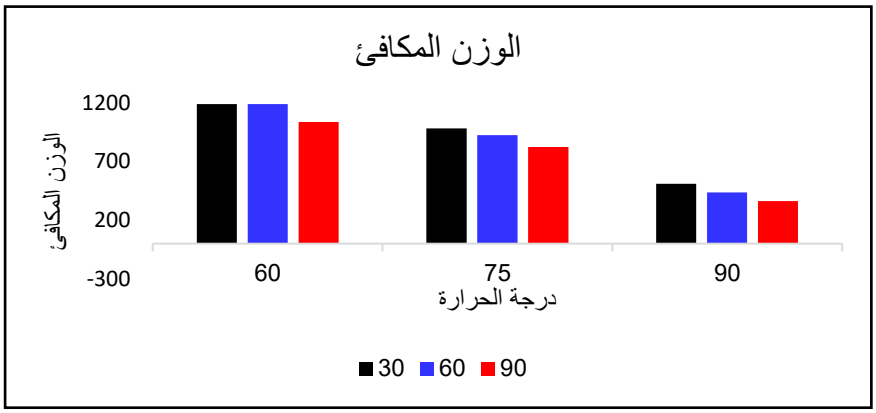
3-1: قيمة الحاصل: بينت النتائج في الشكل (3-1) تأثير الدرجات الحرارية والمدد الزمنية للاستخلاص على النسبة المئوية للحاصل اذ بلغت اعلى نسبة مئوية للحاصل 31.8%عند الاستخلاص بدرجة حرارة 90م مدة 90 دقيقة ،اما ادنـــى نسبة فكانت 8.2% عند الاستخلاص بدرجة 60 م مدة 30 دقيقة . تراوحت نسبة الحاصل عنـــد الاستخلاص بدرجة حرارة 75 م وللمدد الزمنية 30-90 دقيقة 15.3-27%، بينما بلغت عندما كان الاستخلاص عند 60 م وللمدد الزمنية المذكورة اعلاه 8.2-16.4%. ان حامض الستريك حامضاً طبيعياً ضعيفاً موجود في النباتات كما ان درجة حرارة الاستخلاص والمدة الزمنية وتركيز الحامض pH الملائم يجعله ملائماً للاستخلاص، أماعند استعمال حامض قوي يؤدي الى استخلاص جزيئات بكتين صغيرة وعالية الذوبان مما يجعلها سهلة الفقد اثناء عملية الترشيح فضلاً عن ان هذه الجزيئات لا تترسب عند استعمال الكحول (Lee and Choo, 2020) كما بين(Phaiphan (2022 ان زيادة درجات الحرارة يحسن من معدل استخلاص البكتين فأثناء عملية الاستخلاص تتكون فقاعات مجوفة تتسبب في تمزق جدران الخلايا ويؤدي هذا الى زيادة كفاءة الاستخلاص .ذكر Perez *et al*. (2021) انه عند استخلاص البكتين يفضل ان يكون PH حامضي 2 أو اقل لوجود مجاميع الكاربوكسيل الموجودة على السلسلة البكتينية التي تحمل الشحنات السالبة فعند اضافة الحامض كمذيب فان المجاميع الكاربوكسيلية تفقد شحنتها مما يؤدي الى انخفاض قوى التنافر ويشجع هذا على ترسيب البكتين ، يستخلص البكتين من مواد مختلفة مما يؤدي إلى اختلاف في التركيب الجزيئي للبكتين الناتج مثل الوزن الجزيئي، درجة الاسترة، محتوى الاستلة وعلى هذا الاساس فإن البكتين الناتج يمتلك خواص وظيفية مختلفة (Girma and Worku, 2016) .

جاءت النتائج اعلى من التي حصل عليها Maw (2019) عند استخلاص البكتين من قشور الموز باستعمال حامض الستريك ودرجة حرارة 90 م ومدد زمنية 5-25 دقيقة وايضاً مقاربة للتي توصل اليها Kumoro et al. (2020) عند استعمالهم مدد زمنية من 5-360 دقيقة في استخلاص البكتين من قشور الموز ، وكانت اعلى من التي حصل عليها Phaiphan (2022) عند استخلاصه البكتين من قشور الموز باستعمال قيم pH مختلفة 1-3 ودرجات حرارية 35-45م ومدد زمنية 10-20 دقيقة.



شكل (3-1): تأثير درجة الاستخلاص والمدة الزمنية على نسبة الحاصل %

3-2: الوزن المكافئ: وضحت النتائج في الشكل (3-2) تأثير درجات الحرارة ومدة الاستخلاص على الوزن المكافئ للبكتين المستخلص ،اذ ظهر أن اقل وزن مكافئ كان في البكتين المستخلص بدرجة 90 م وللمدد الزمنية 30-90 دقيقة البالغ 510.20، 438.46 و 362.56 على التوالي ، بينما بلغ عند الاستخلاص بدرجة حرارة 75م 982.32 ، 925.93 ، 825 للمدد الزمنية 30 ،60، 90 دقيقة على التوالي ،في حين كان اعلى وزن مكافئ تم الحصول عليه عندما كان الاستخلاص بدرجة حرارة 60م وللمدد الزمنية المدروسة 1190.48, 1038.46 على التوالي، يعرف الوزن المكافئ بانه المحتوى الكلي لمجاميع حامض الكالاكتورونيك الحرة غير المؤسترة في السلسلة البكتينية ، يعزى الاختلاف في الوزن المكافئ الى تأثير ظروف الاستخلاص وهي درجة الحرارة والمدة الزمنية ،اذ تسبب المدة الزمنية الطويلة انخفاضاً في الوزن المكافئ وهذا ناتج من حصول تحلل في السلسلة البكتينية وازالة مجاميع الاستر في البكتين ليتكون ما يعرف بحامض البكتيك ولدرجة الاسترة ومحتوى المثيوكسيل تأثير على الوزن المكافئ اذ تسبب درجة الاسترة العالية انخفاضاً في محتوى حامض الكالاكتورونيك الحر في السلسلة البكتينية المسؤول عن زيادة الوزن المكافئ ،ان زيادة أو نقصان الوزن المكافئ يعتمد على كمية حامض الكالاكتورونيك الحر غير المؤستر، ان انخفاض الوزن المكافئ دليل اخر على قابلية البكتين على تكوين هلام شبه صلب ويعني الوزن المكافئ العالي قابلية عالية على تكوين هلام (Nguyen and Pirak, 2019). اتفقت النتائج مع التي توصل اليها Kukwg et al. (2017) عند تقديرهم الوزن المكافئ للبكتين المستخلص من قشور الموز البالغ 881.06، وايضاً مع التي وجدها Girma and Worku (2016) عندما قدرا الوزن المكافئ للبكتين المستخلص من قشور الموز ومقارنته مع البكتين المستخلص من قشور المانجا 925.01, 895 على التوالي ،كما جاءت النتائج متوافقة مع التي توصل اليها KI et al. (2019) عند دراستهم الوزن المكافئ في البكتين المستخلص من كل قشور الموز والبرتقال والليمون 487.8, 431.03, 694.40 على التوالي .

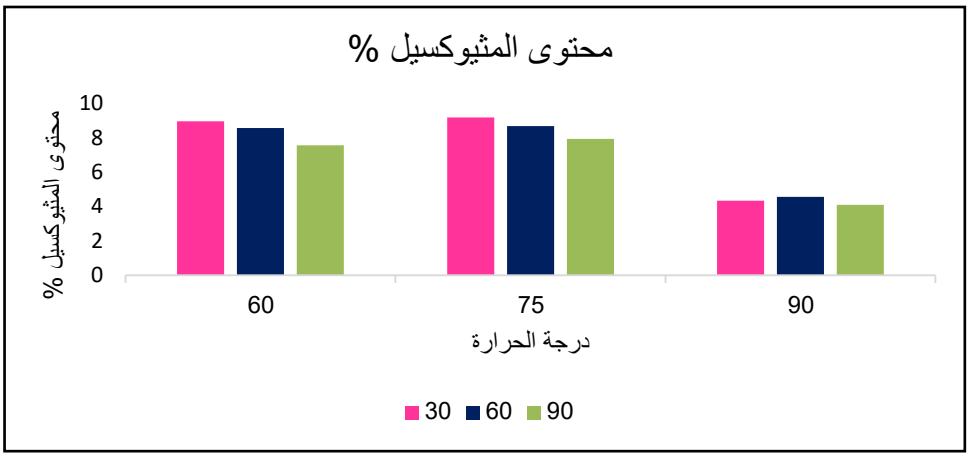


شكل (3-2): تأثير درجة الاستخلاص و المدة الزمنية على الوزن المكافئ

3-3 النسبة المئوية لمحتوى المثيوكسيل %: اظهرت النتائج في الشكل (3-3) النسبة المئوية لمحتوى المثيوكسيل % في البكتين المستخلص من قشور الموز الناتج من تأثير الدرجات الحرارية والمدد الزمنية للاستخلاص اذ كان اعلى محتوى مثيوكسيل هو البكتين المستخلص في درجة حرارة 75م ومدة زمنية 30دقيقة البالغ 9.18%،أما عند كل من المدة الزمنية 60و90 دقيقة وصل محتوى المثيوكسيل الى 8.68, 7.94%على التوالي عند الدرجة الحرارية ذاتها ، بينما بلغ محتوى الميثوكسيل في البكتين المستخلص عند الدرجة الحرارية 60م ولكل المدد الزمنية المدروسة 8.96, 8.56,7.56% على التوالي .كما لوحظ من الشكل (3-4) ان اقل محتوى الميثوكسيل كان في البكتين المستخلص في درجة حرارة 90م لكل من المدد الزمنية 90,60,30دقيقة 4.34 ,4.55, 4.09% على التوالي ، يطلق محتوى الميثوكسيل على عدد مولات الكحول الميثلي في 100 مول حامض الكالاكتورونيك (Ramli and Asmawati,2011, Nguyen and pirak, 2019, choclij *et al*.,2019).

يعد محتوى المثيوكسيل من العوامل المهمة التي تحدد وقت استقرار البكتين ومدى قابليته على تكوين هلام ويقع ضمن المدى الذي يحتويه البكتين ومدى الذي يحتويه البكتين التجاري 11-8% الذي على اساسه يصنف فيه البكتين الى بكتين عالي المثيوكسيل HMP > 50% وبكتين واطئ المثيوكسيل LMP <50% وعندما يكون محتوى المثيوكسيل اقل من 7% يعني انه واطئ المثيوكسيل. يتأثر محتوى المثيوكسيل بمدى تشتت البكتين في الماء فعندما يكون محتوى المثيوكسيل اكثر من 7% عندها يكون محتوى المثيوكسيل اكثر قابلية على التشتت بالماء مقارنة عندما يكون اقل من7% يقدر سلوك البكتين للاستعمالات الغذائية بمعدل حامض الكالاكتورونيك المؤستر الى حامض الكالاكتورونيك غير المؤستر Castillo-(Israel *et al*., 2015; Girma and Worku, 2016).

يلاحظ من الشكل (3-3) ان محتوى المثيوكسيل قد انخفض عند الاستخلاص بدرجة 90م ولكل المدد الزمنية المدروسة الذي تراوح مابين 4.09-4.56% هذا يدل على حصول ازالة المجاميع المثيوكسيل عند الدرجات الحرارية العالية فضلا عن المدد الزمنية الطويلة اضافة الي حصول تكسر في سلسلة البوليمر البكتينية ويعتمد كذلك على ظروف الاستخلاص (Perez et al. ,2021) جاءت النتائج اعلى من التي حصل عليها Castillo_Israel *et al.* (2015) عند تقديرهم محتوى المثيوكسيل للبكتين المستخلص من كل قشور الموز الناتج وغير الناتج وايضا اعلى من التي توصل اليها Girma and Worku(2016) الذين قدرا محتوى المثيوكسيل في البكتين المستخلص في قشور الموز واقل من التي وجدها KI *et al*(2019) عندما قدروا محتوى المثيوكسيل للبكتين المستخلص من الموز البالغ 14.52% ومقارنته مع محتوى المثيوكسيل لكل من البكتين المستخلص من البرتقال والليمون وبكتين الحمضيات التجاري.

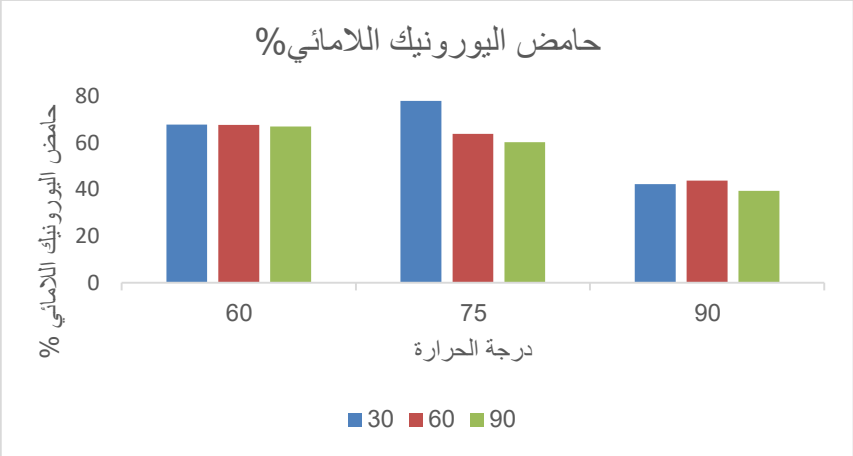


شكل (3-3): تأثير درجة الاستخلاص والمدة الزمنية على محتوى المثيوكسيل %

4-3 محتوى حامض اليورونيك اللامائي AuA% : بين الشكل (3-4) نتائج النسبة المئوية لحامض اليورونيك اللامائي للبكتينات المستخلصة عند 2PH وبوجود 5%حامض الستريك عند درجات حرارية ومدد زمنية مختلفة. اذ يلاحظ من الشكل (4-4) ان اعلى محتوى لحامض اليورونيك اللامائي كان في البكتين المستخلص بدرجتي حرارة 75و60م مدة 30 دقيقة البالغ 77.88و67.79% على التوالي.

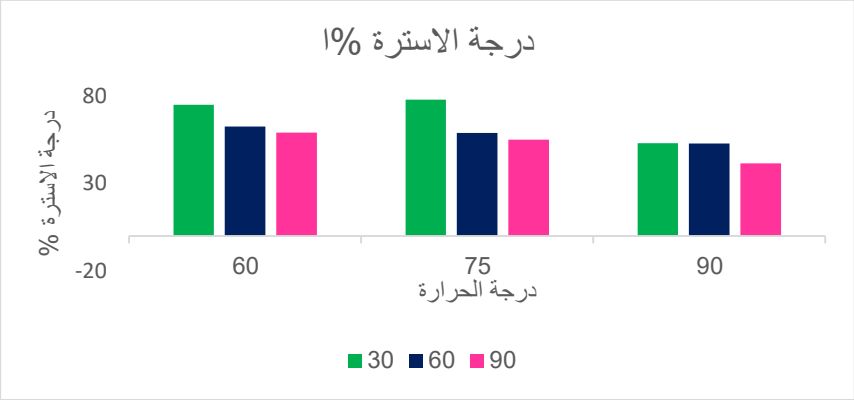
تراوح محتوى AuA% عند الاستخلاص بدرجة حرارة 90م ولكل المدد الزمنية المدروسة 24.42-39.42 %، كما لوحظ ان اقل محتوى لحماض اليورونيك في كل البكتينات المستخلصة كان عند المدة الزمنية 90 دقيقة في كل الدرجات الحرارية المدروسة 66.97و 60.18و39.42 على التوالي تعد نقاوة البكتين في العوامل المهمة لتحديد نوعية البكتين الناتج اذ ان وجود المواد غير البكتينية المرتبطة خلال عملية الاستخلاص تعمل على تقليل نقاوته وسلوكه الفريد اللزوجي، اذ يجب ان لايقل محتوى حامض اليورونيك اللامائي في

البكتيـــــن المستخلص عن 65% وتعنـــــي ان النسبة الواطئة احتمالية وجـــــود البروتينات والنشأ والسكريـــــات الأخـــــرى مترسبة مـــــع البكتين فضلا عـــــن عـــــدم نجاح عملية الاستخـــــلاص. (Mohamed,2016; Perez *et al.*, 2021) ،اذ يعـــــد المحتـــــوى العالـــــي مـــــن حامـــــض الكالاكتورونيك والمحتوى المنخفض من الرماد العاملان اللذان يتحكمان بنقاوة البكتين. اتفقت النتائج مع ما بينه Castilo -Israel *et al* .(2015)عندما قدروا محتوى AuA % للبكتين المستخلص من كل من قشور الموز الناضج وغير الناضج 57.32و68-39 % على التوالي وايضا كانت النتائج مقاربة لما توصل اليه Girma and Worku (2016)عند تقديرهما محتوى حامض اليورونيك اللامائي في البكتين المستخلص من قشور وقشور المانجا البالغ 53.60و70.65% على التوالي كما اتفقت النتائج مع الذي وجده Kukwa et al .(2017)عند تقدير محتوى AuA% لبكتين قشور الموز البالغ 56.32% وايضا مع الذي وجده Nguyen and Pirak (2019) اللذان قدرا محتوى AuA% في البكتين المستخلص من قشور الموز باستعمال درجات حرارية 45،60و70م ومدد زمنية 30،60 دقيقة اذ تراوح محتوى حامض اليورونيك 64.29-87.19%.



شكل (3-4) تأثير درجة الاستخلاص والمدة الزمنية على حامض اليورونيك اللامائي %

3-**5 درجة الاسترة % :** وضح الشكل (3-5) نتائج تأثير درجات الحرارة 60 , 75 , 90 م ولمدد الزمنية 30, 60, 90 دقيقه على النسبة المئوية لدرجه الاسترة للبكتينات المستخلصة من قشور الموز ،إذ بلغت أعلى درجة استرة في البكتين المستخلص بدرجة حرارة 75م ولمدة 30 دقيقه 90 .77% يليه في ذلك البكتين المستخلص بدرجة حرارة 60م وللمدة الزمنية ذاتها 75.10 % بينما كانت أقل درجة استرة للبكتين المستخلص بدرجة حرارة 90م وللمدة الزمنية 90 دقيقة 41.46% ان درجة حرارة الاستخلاص العالية والمدة الزمنية الطويلة تؤدي إلى انخفاض درجة الاسترة هذا ناتج عن حصول عملية إزالة لمجاميع الأستر في سلسلة حامض الكالاكتورونيك المتعدد وهوالعمود الفقري للسلسلة البكتينية(Phaiphan, 2022) . يحدد نوع البكتين وقابليته على تكوين هلام ،فعندما تكون درجة الاسترة واطئة هذا يعني قابلية على تكوين هلام ضعيفة ويمكن أن يستعمل كعامل مثخن أو مثبت في بعض الصناعات الغذائية او يحتاج إلى وجود ايونات ثنائية التكافؤ وكميات قليلة من السكر لتكوين هلام إذ يصنف البكتين إلى بكتين عالي المثيوكسيل عندما تكون درجة الاسترة أعلى من 50% ويحتاج هذا البكتين إلى كميات عالية من السكر لتكوين هلام ويكون سريع الإستقرار وبكتين واطئ المثيوكسيل وتكون درجة الأسترة فيه اقل من 50% (Nguyen and Pirok, 2019) .اتفقت النتائج مع التي بينها Castillo-Israel *et al* يقصد بدرجة الاسترة بانها النسبة المئوية لمجاميع الكاربوكسيل لوحدات الكالاكتورونيك التي ترتبط بها مجاميع المثيل .ان البكتين الذي يحتوي على مجاميع الكاربوكسيل المرتبطة مع الميثانول فانه يحتوي على 16%مثيوكسيل من اجمالي الوزن الجزيئي وغالبا ما يكون حوالي 12-9%اي 56-75%من مجاميع الكاربوكسيل مؤسترة. اتفقت النتائج مع التي بينها Castillo-Israel et al . (2015) عند تقديرهم درجة الاسترة للبكتين المستخلص من قشور الموز الناضج وغير الناضج التي كانت 63.37 , 75.03 % على التوالي وايضا مع التي توصل إليها kukwa *et al*(2017) عند وجدوا أن قشور بلغت فيه درجة الاسترة 45.56% . كذلك جاءت النتائج مقاربة التي توصل اليها Perez et al .(2021) عندما قدروا درجة استرة البكتين المستخلص من قشور الموز عند درجات حرارة ومدد زمنية محكمة الاستخلاص.



شكل (3-5) تأثير درجة الاستخلاص و المدة الزمنية على درجة الاسترة %

المصادر

Aina,V.O.; Barau, M.M ;Mammon, O.A ;Zakari, A. ;Haruna, H. ;Hauwaumar, M.S. and Abba, Y.B.(2012).Extraction and Characteriz-ation of pectin from peels of lemon (*Citrus is limon*), grape (*Citrus Paradise*) and Sweet Orange(*Citrus Sineusis*). British Journal of Pharma-cology and Toxicology, 3(6): 259-262.

Brejnholt,. S.M.(2009).Pectin .In Food Stabilisers, Thickeners and gelling agents .PP. 237-265.Wiley-Blackwell..

Benedetti, M.; Pontiggia, D., Raggi, S., Cheng, Z.;Scaloni, F.;Ferrari, S. and De Lorenzo, G.(2015).Plant immunity triggered by engineered in vivo release of oligogalacturonides, damage-associated molecular patterns. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(17): 5533-5538.

Castillo-Israel,K.A.T.;Baguio,S F.;Diasanta,M D.B.;Lizardo,R C.M.;Dizon,E. I. and Mejico,M.I.F.(2015).Extraction and characterization of pectin from Saba banana[Musa saba(Musa acuminata x Musa balbisiana)] peel wastes :A preliminary study.International Food Research Journal 22(1):202-207.

Chan, S.; Choo, W.;Young;D.and Loh , X.(2017). pectin as a rheology modifier : Origin, structure, commercial production and rheology. Carbohydrate Polymers, 161:118-139.

Ciriminna, R.; Chavarria Herndndez, N.; Ines Rodriguez Hernadez,A. and pagliaro, M.(2015).Pectin :A new perspective from the bioefinery standpoint .Biofuels Bioproducts and Biorefining ,9(4):368-377.

Cosgrove,D. and Jarvis,M.(2012).Comparative structure and biomechanics of plant primary and secondary cell walls .Frontiers in Plant Science 3(204).

Gama B., De Farias Silva C.E., Oliveira Da Silva L.M., Abud A.K.S., 2015, Extraction and characterization of pectin from citric waste, Chemical Engineering Transactions, 44, 259-264 DOI: 10.3303/CET1544044.

De Assis, S.A.; Lima,D.C. and de Faria Oliveira,O.M M.(2001).Activity of pectinmethylesterase ,pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. Food Chemistry,74(2):133-137.

Emaga, H.T.;Andrianaivo, R.H.;Wathelet,B.;Tchangco, J.T. and Paquot, M.(2007). Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. Food Chemistry, 10(2):590-600.

Ferrari, S.; Savatin, D.; Sicilia, F.; Gramegna,G.; Cerone, F. and De Lorenzo, G. (2013). Oligogalacturoindes :Plant damage -associated molecular patterns and regulators of growth and development.Frontiers in Plant Science,4(49).

Girma, E., and Worku, T. (2016). Extraction and characterization of pectin from selected fruit

peel waste. International Journal of Scientific and Research Publications, 6(2), 447-454.

Gunter,E. A. and Popeyko,O.V.(2016).Calcium pectinate gel beads obtained from callus cultures pectins as promising systems for colon -targeted drug delivery .Carbohydrate Polymers,147:490-499.

Harholt,J.;Suttangkakul,A. and Vibe Scheller,H.(2010).Biosynthesis of pectin .Plant Physiology,15(2):384-395.

Ismail,N.S.M.;Ramli; N.; Mohd, N.and Meon, Z.(2012) Extraction and characterization of pectin from Dragon fruit (Hyloction polyrhizus) using various extra ction conditions,Sains Malaysiana, 41(1):41-45.

István Siró, Emese Kápolna, Beáta Kápolna, Andrea Lugasi. (2008). development, marketing and consumer acceptance-A review, Appetite, 51: 456-467. doi: 10.3390/ijms19030805.

Kukwa, R., Kukwa, D., and Onah, J. (2017). Stabilization of locally produced orange Juice using extracted pectin from banana peels. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 11(7), 6-10

Kumoro, A. C., Mariana, S., Maurice, T. H., Hidayat, J. P., Ratnawati, R., and Retnowati, D. S. (2020). Extraction of pectin from banana (Musa acuminata x balbisiana) peel waste flour using crude enzymes secreted by Aspergillus niger. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering , 991(1) : 012005.

KI,O.;Uba,S.; Aliyu,Ai.;Makama,S.(2019).Effect of ulraviolet light ,pH and temperature on the thickening property of pectin extracted from banana , orange and lime peels.J.Appl. Sci. Environ Manage.,23(9):1755-1760.

Lee, E.H.;yeom, H.J.;Ha, M.S;Bae, D.H(2010).Developement of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties .Food Science and Biotechnology, 19(2): 449-455.

Lee, K. Y., and Choo, W. S. (2020). Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from watermelon (Citrullus lanatus) Rind: Comparison of hydrochloric and citric acid extraction. J. Nutraceuticals Food and Science, 5(1):1-8..

Lupi,F.R.;Gabrieie,D.;Seta,L.;Baldino,N.;de Cindio,B. and Marino,R.(2014).Rheological investigation of pectin -based emulsion gels for pharmaceutical and cosmetic uses. Rheologica Acta,54(1):41-52.

Mellerowicz,E.J. and Sundberg ,B.(2008).Wood cell walls :Biosynthesis ,developmental dynamics and their implications for wood properties .Current Opinion in Plant Biology ,11(3):293-300.

Mohd Rasidek , N.A.;Mad Nordin, M.F.;lwamoto, K.;Abd Rahman , N.;Nagatsu, Y.and Tokuyama, H.(2018).Rheological flow models of banana peel pectin jellies as affected by Sugar Concentration. international Journal of Food Properties, 21(1):2087-2099

Mohamed, H. (2016). Extraction and characterization of pectin from grapefruit peels. MOJ Food Processing and Technology, 2(1), 31-38

Molina ,A.B. and Roa ,V.N.eds.(2000).Advancing banana and plantain R and D in Asia and the pacific. National Research .Development and Extension Agenda for Banana.p.93

Naggarajaiah,S.B.and Prakash,J. (2011).Chemical composition and antioxidant potential of peels from three varieties of banana. Asian Journal of Food and Agro-Industry,4(1):31-46.

Nguyen,B.M.G. and pirak,T. (2019).Physicochemical properties and antioxidant activities of white dragon fruit peel pectin extracted with conventional and ultrasound- assisted extraction . Cogent Food of Agriculture 95:1633076.

Nussinovitch, A. and Hirashima,M. (2013).Cooking innovations: Using hydrocolloids for thickening gelling and emulsification .London:CRC Press.

Omoniyi, K. I., Uba, S., Aliyu, A. I., and Makama, S. (2019). Effect of Ulraviolet Light, pH and Temperature on the Thickening Property of Pectin Extracted from Banana, Orange and Lime Peels. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 23(9),

1755-1760.

Parre,E. and Geitmann,A.(2005).Pectin and the role of the physical properties of the cell wall in pollen tube growth of Solanum chacoense .Planta,220(4):582-592.

Park, Y. W., Oglesby, J., Hayek, S. A., Aljaloud, S. O., Gyawali, R., and Ibrahim, S. A. (2019). Impact of different gums on textural and microbial properties of goat milk yogurts during refrigerated storage. Foods, 8(5), 169.

Pérez J, Gómez K, Vega L. Optimization and Preliminary Physicochemical Characterization of Pectin Extraction from Watermelon Rind (*Citrullus lanatus*) with Citric Acid. Int J Food Sci. 2022 Jan 6;2022:3068829. doi: 10.1155/2022/3068829.

Phaiphan, A. (2022). Ultrasound assisted extraction of pectin from banana peel waste as a potential source for pectin production. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 21(1), 17-30.

Rao,M A. and Silva,J.A.L.d.(2006).Pectin.In Food polysaccharides and their applications. Pp.353-411.CRC Press.

Suarez,C.;Zuenkiewicz,A.;Castro,A J.;Zienkiewicz,K.;Majewska-Sawka,A. and Rodriguez-Garcia,M.I.(2013).Cellular localization and levels of pectins and arabinogalactan proteins in olive (Olea europaea L.)pistil tissues during development :Implication for pollen-pistil interaction .Planta,237(1):305-319.

Sundar Raj, A. ; Rubila, S.; Jayabalan, R. and Ranganathan, T.V.N. (2012). Review on Pectin : chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses. Open Access Scientific Reports,1(12):1-4.

Sobti, B.; Mbye, M.; Alketbi, H.; Alnaqbi, A.; Alshamisi, A.; Almeheiri, M. and Kamal-Eldin, A. (2020). Rheological characteristics and consumer acceptance of camel milk yogurts as affected by bovine proteins and hydrocolloids. International Journal of Food Properties, 23(1), 1347-1360.

Sundarraj,A.A. and Ranganathan,T.V.(2017).A review -pectin from agro and industrial waste. International Journal of Applied Environmental Sciences ,12(10):1777-1801.

Voragen ,A.G J.;Coenen,G.J.;Verhoef,R. and Schols,H.(2009).Pectin ,a versatile polysaccharide present in plant cell .Structure Chemistry ,20(2):263-275.

Willats,W. T.; McCartney,L. ;Mackie,W. and Knox,J P.(2001).Pectin:cell biology and properties for functional analysis .In N.C. Carpita M.