مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 2 (2023): 165- 178

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 39 No.2 (2023): 165 - 178

الخصائص الكيميائية والنشاط المضاد للأكسدة لثمار ثمانية هجن من البندورة المرزوعة في سورية

آلاء الشعال[1]، د.رمزي مرشد[1]، د.شهيناز عباس[2]

[1] قسم علوم البستنة، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

[2] قسم التقانات الحيوية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

الملخص:

نُفذ البحث في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال عام 2021، بهدف دراسة بعض الخصائص الكيميائية والنشاط المضاد للأكسدة لثمار ثمانية هجن من البندورة المزروعة في سورية (شروق والبلد وإليغرو وفرح وFDR ولامانتين ومرح وبرافيا). تراوحت النسبة المئوية للمادة الجافة من 3.4 إلى 5.3%، والمواد الصلبة الذائبة الكلية من 2.2 إلى 5.2%، في حين تراوحت الحموضة الكلية القابلة للمعايرة من 0.18 إلى 0.55%، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية للحموضة الكلية بين 5.64 و18.33. وبينت النتائج كذلك أن الهجين لامانتين قد تفوق معنوياً على باقي الهجن بمحتواه من حمض الأسكوربيك وبمتوسط 11.44 مغ/100غ، أما بالنسبة للفينولات فكان الهجين برافيا الأعلى في محتواه من الفينولات (16.35 مغ/100غ)، في حين تفوق معنوياً الهجين مرح في محتواه من الليكوبين (89.31 مغ/كغ) والنشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH (89.10%) من بين الهجن المدروسة. كما لوحظ وجود علاقة ارتباط قوية موجبة بين حمض الأسكوربيك والنشاط المضاد للأكسدة (r=0.79).

الكلمات المفتاحية: هجن بندورة، حمض الأسكوربيك، فينولات، ليكوبين، نشاط مضاد للأكسدة DPPH.

تاريخ الايداع: 2021/11/24
تاريخ القبول: 2022/3/30

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Chemical Properties And Antioxidant Activity Of Eight Tomato Hybrid Fruits Cultivated In Syria

Alaa Al Shaal[1], Dr. Ramzi Murshed[1] , Dr. Shahinaz Abbas [2]
[1]Horticulture Department, Damascus University, Damascus, Syria
[2]Biotechnology Department, General Commission For Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria.

Abstract:

This research was carried out in the laboratories of the General Commission for Scientific Agricultural Research in 2021. On order to determine some chemical properties and antioxidant activity of the fruits of eight tomato hybrids (Shourouk, Ballade, Elegro, Pharah, FDR, Lamantin, Marah and Bravia) cultivated in Syria. The percentage of the dry matter ranged from 3.4 to 5.3%, and the total soluble solids from 2.2 to 5.2%, although the total titratable acidity ranged from 0.18 to 0.55%, and the percentage of the total soluble solids to the total acidity ranged between 5.64 and 18.33. The hybrid Lamantin was significantly superior to the rest of the hybrids in terms of its content of ascorbic acid with an average of 11.44 mg/100 g, whereas for phenols, Bravia had the highest phenol content of 16.35 mg/100g, while the hybrid Marah was superior significantly for its lycopene content of 89.31 mg/kg and the antioxidant activity by DPPH method of 89.10%. A strong positive correlation was observed between ascorbic acid and antioxidant activity (r=0.79).

Key words: Tomato Hybrids, Ascorbic Acid, Total Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Lycopene Content.

Received: 24/11/2021
Accepted: 30/3/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة Introduction:

مع إزدياد الوعي الغذائي لدى المستهلك في السنوات الأخيرة وإدراكه للعلاقة بين الغذاء الذي يتناوله وصحته، ازداد استهلاكه للخضار والفاكهة ذات القيمة الغذائية العالية، والتي تعد المكون الرئيسي للأنظمة الغذائية الصحية، وذلك للحد والوقاية من الأمراض المزمنة، ومن الخضار المستهلكة بشكل كبير البندورة. تنتمي البندورة *Lycopersicon esculentum* L. للعائلة الباذنجانية *Solanaceae* (Saltveit, 2005)، وهي من أهم الخضار واسعة الإنتشار في العالم كونها ثاني أهم محصول بعد البطاطا بمساحة مزروعة عالمياً حوالي 5030 ألف هكتار وبإنتاج قدره حوالي 180 مليون طن، وكما بلغت المساحة المزروعة من البندورة في سورية لعام 2019 حوالي 14 ألف هكتار وكانت الإنتاجية حوالي 772 ألف طن (المجموعة الاحصائية لوزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، 2019). تستهلك البندورة بشكل طازج أو بصورة مصنعة وعلى نطاق واسع وخصوصاً في البلدان المحيطة بمنطقة البحر الأبيض المتوسط نظراً لقيمتها الغذائية العالية (Salehi *et al*., 2019, 203).

تتمتع البندورة بتركيب كيميائي مميز والذي يتباين بتباين الظروف المناخية وعمليات الخدمة ونوع الطراز الوراثي واختلاف مرحلة النضج (Osei *et al*., 2018, 72; Duma *et al*., 2015, 25). ففي دراسة قام بها Duma وآخرون (2015، 25) على ثلاثة أصناف من البندورة الكرزية، تراوحت نسبة المادة الجافة من 8.15 مغ/100غ في الصنف sunstrea إلى 8.21مغ/100غ في الصنف sakura، أما بالنسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية فقد تراوحت مابين Brix 6.22 في الصنف Mathew و Brix 6.58 في الصنف Sakura في مرحلة النضج الأحمر، في حين تباينت النسبة المئوية للحموضة القابلة للمعايرة من 0.5% في الصنف sunstream إلى 0.625% في الصنف Sakura. وفي دراسة أجراها Bojarska وآخرون (2020، 32) تراوح محتوى المادة الجافة من 5٪ في الصنف Beef-red إلى 8.82٪ في الصنف Cherry-orange، كما تباينت الحموضة الكلية من 0.32 غ/100غ في ثمار الصنف Beef-red إلى 0.61 غ/100غ في ثمار الصنف Cherry-orange. أوضح Balamurugan (2015، 114) بأن النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية والسكريات تزداد في مرحلة النضج بسبب التحلل المائي للنشاء ثم تنخفض في مرحلة النضج الكامل وذلك بسبب استخدام السكريات أثناء عملية التنفس.

تحتوي البندورة على عدة مركبات فعالة حيوياً من أهمها صبغات الكاروتينويدات، ويعد الليكوبين والبيتا كاروتين الكاروتينويدات السائدة في ثمار البندورة الناضجة وهي من الصبغات غير الذوابة في الماء (Alda *et al*., 2009, 540)، أوضح Bojarska وآخرون (2020، 23) بأن الكاروتينويد السائد في البندورة هو الليكوبين ويشكل نسبة تتراوح بين 44.4 و59.8% من إجمالي محتوى الكاروتينويدات الكلية، يليه بيتا كاروتين بنسبة 11.3–24.4%. يتباين تركيز الكاروتينويدات بتباين الصنف حيث وجد Duma وآخرون (2015، 27) بأن تركيز الليكوبين في ثمار البندورة تراوح من 8.864 مغ/100غ في الصنف Sakura إلى 13.85 مغ/100غ في الصنف sunstream. كما تراوح إجمالي محتوى الكاروتين لأصناف من البندورة من 4.26 مغ/100غ في الصنف Olmeca إلى 18.06 مغ/100غ في الصنف Cherry-red. تقدم الكاروتينويدات العديد من الفوائد الصحية فهي تقي من الإصابة بأمراض القلب الوعائية والسرطانات كسرطان الكبد والرئة والقولون (Trejo-Solís *et al*., 2013, 1). سجلت العديد من الدراسات ارتباطًا عكسيًا بين استهلاك البندورة وخطر الإصابة بالعديد من السرطانات وخاصة سرطان البروستات. تعود الفوائد الصحية لليكوبين إلى نشاطه المضاد للأكسدة العالي وقدرته على ثبيط الجذور الحرة (Borguini *et al*., 2009, 318).

تعد البندورة مصدراً جيداً لحمض الأسكوربيك وهو من مضادات الأكسدة الطبيعية، ويلعب دوراً مهماً في العمليات الكيميا–حيوية مثل تكوين الكولاجين وامتصاص الحديد ومشاركته في الإستجابة المناعية، كما يلعب دور في الوقاية من مرض الإسقربوط والحفاظ على الجلد والأوعية الدموية (Lee *et al*., 2000, 208). ينخفض محتوى حمض الأسكوربيك في ثمار البندورة خلال عملية النضج بسبب التدمير الأكسدةي (Balamurugan, 2015, 114).

تحتوي البندورة على طيف واسع من المركبات الفينولية أهمها الفلافونولات (الكيرسيتين والكايمبفيرول) وأحماض الهيدروكسي سينامبك، وخاصة أحماض الكافيين والكلوروجينيك (Vallverdú-Queralt *et al*., 2011, 3995). تساهم الفينولات في الوقاية من أمراض تصلب الشرايين والسرطانات نظراً لقدرتها العالية على تثبيط أكسدة الدهون وإزالة الجذور الحرة (Borguini *et al*., 2009, 320). وجد Pinela وآخرون (2012، 833) بأن تركيز الفينولات لعدة أصناف من البندورة المزروعة في البرتغال تراوح ما بين 21.34 و31.23 مغ/غ، كما تباينت الأصناف في نشاطها المضاد للأكسدة، حيث تراوح التركيز المثبط لـ50% من جذر الـ DPPH بين 0.55 و0.75 مغ/مل. كما تراوح النشاط المضاد للأكسدة بين 1.63 و2.04 مغ/مل عند قياسه بطريقة القدرة الإرجاعية.

نظراً لعدم وجود دراسات محلية كافية وبسبب الحاجة إلى التقييم المستمر للهجن وتوفير خيارات متنوعة للمزارعين ومع التدفق المستمر للهجن الجديدة، ولأن الخصائص الكيميائية توفر عوامل إضافية في اختيار الهجن المناسبة للزراعة، لذا هدف البحث إلى توصيف ثمار أهم هجن البندورة المدخلة إلى سوريا كيميائياً.

مواد البحث وطرائقه Materials and methods:

- **مكان وتاريخ تنفيذ البحث:** نُفذ البحث في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية وذلك خلال عام 2021.
- **المادة النباتية:** جمعت ثمار البندورة السليمة والناضجة للهجن الثمانية المدروسة (جدول 1) والمزروعة في محطة بحوث الطيبة في محافظة ريف دمشق، ووضعت مباشرة في المجمدة على درجة حرارة −20°م لحين استخدامها في التحليل.

الجدول (1): هجن البندورة المدروسة ومصدر كل منها.

رقم المدخل	اسم الهجين الوراثي	المصدر
1	Shourouq شروق	Seminis
2	Ballade البلد	Royal crownseeds
3	Elegro إليغرو	Seminis
4	Pharah فرح	Nunhems
5	FDR	Seminis
6	Lamantin لامانتين	Nunhems
7	Marah مرح	Infinity seeds
8	Bravia برافيا	Cal am seeds

- **نسبة المادة الجافة:** قدرت الرطوبة في عينات البندورة المدروسة وفقاً لطريقة AOAC رقم 930.04 (AOAC، 2008) وحسبت النسبة المئوية للمادة الجافة من المعادلة التالية:

100− % للرطوبة

- **المواد الصلبة الذائبة الكلية:** قُدرت المواد الصلبة الذائبة باستعمال جهاز الرفراكتوميتر (Optika، ايطالي) عند درجة حرارة 20°م وعبّر عنها بالدرجة Brix وفقاً لطريقة AOAC رقم 920.151 (AOAC، 2008)
- **الحموضة الكلية:** وقدرت النسبة المئوية للحموضة الكلية كنسبة مئوية لحمض الستريك (غرام حمض الستريك/100 غرام ثمار) وفقاً لطريقة AOAC ذات الرقم 920.15 (AOAC، 2008).
- **حمض الأسكوربيك (فيتامين C):** قدّر حمض الأسكوربيك وفقاً لـ AOAC رقم 967.21، حيث تم أخذ 5غ من العينة وأضيف إليها 10 مل حمض الأوكزاليك وتم التحريك لمدة 3 دقائق ومن ثم رشحت العينة وتمت معايرة الراشح بصبغة 2،6 ثنائي كلورو فينول إندو فينول حتى ظهور اللون الوردي. وعُبر عن النتيجة كـ مغ حمض الاسكوربيك /100غ ثمار طازجة (AOAC، 2000).

- **تقدير الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة:**

تحضير المستخلص الميتانولي: وزن 1 غ من العينة وأضيف إليها 10 مل ميتانول وحُرك لمدة 30 دقيقة على درجة حرارة الغرفة، رشحت العينة واستعمل الراشح لتقدير الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة (Delgado-Vargas *et al*., 2018, 717).

تقدير الفينولات: وفقاً لطريقة Savage وآخرون (2005، 489) مع إجراء بعض التعديلات، حيث أخذ 1 مل من المستخلص وأضيف إليه 5 مل كاشف فولين ممدد (1:10) وبعد 5 دقائق أضيف 4 مل كربونات الصوديوم (7%) وترك المزيج في الظلام لمدة 15 دقيقة، بعدها تم أخذ القراءة عند طول موجة 765 نانومتر باستعمال جهاز المطياف الضوئي (Shimadzu− ياباني)، وعبر عن المحتوى الكلي للفينولات الكلية كـ مغ مكافئ حمض الغاليك/100غ بعد تحضير منحنى قياسي من حمض غاليك بتركيز تراوح من 0.025 الى 0.25 مغ/مل.

النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH: أخذ 1.5 مل من المستخلص الإيتانولي وأضيف إليه 0.5 مل من محلول DPPH ، المحضر بإذابة 25 مغ في 100 مل من الميتانول، وترك المزيج لمدة 30 دقيقة في الظلام وبعدها أخذت الامتصاصية عند طول موجة 517 نانومتر (Nkolisa *et al*., 2019, 3) وحسبت النسبة المئوية للتثبيط من المعادلة التالية:

$$\% \text{ للتثبيط} = \frac{\text{قراءة الشاهد} - \text{قراءة العينة}}{\text{قراءة الشاهد}} \times 100$$

- **تقدير الليكوبين:**

وزن 1 غ من العينة وأضيف إليه 10 مل من مزيج (الأسيتون: الهكسان) بنسبة (4: 6)، وضعت في البراد لمدة 24 ساعة ومن ثم أجري طرد مركزي بسرعة 10000 دورة/دقيقة على درجة حرارة 4^{O} م لمدة 10 دقائق، فُصل الطور الطافي وقُيست امتصاصيته عند طول موجة 502 نانومتر (Londoño-Giraldo *et al.*, 2020, 171)، وحسب الليكوبين على أساس مغ/كغ وزن رطب وفقاً للمعادلة الآتية:

الليكوبين (مغ/كغ) = A502× 137.4

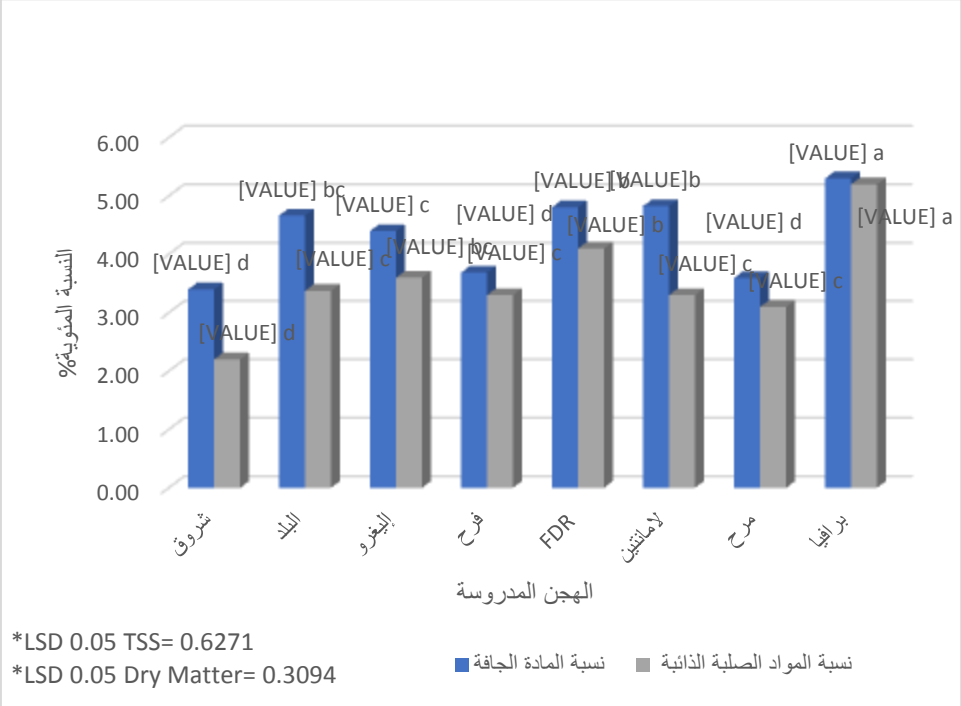
التحليل الاحصائي Statistical analysis:

صممت التجربة وفق التصميم العشوائي التام، وحُللت النتائج بمعدل ثلاثة مكررات لكل عينة وحسبت المتوسطات والإنحراف المعياري. طبق اختبار تحليل التباين ANOVA واتبع اختبار Fisher's unprotected LSD لحساب قيمة أقل فرق معنوي وذلك عند مستوى ثقة 95% باستعمال برنامج GenStat 12.

النتائج والمناقشة Results and discussion:

يعد التحليل الكيميائي خطوة مهمة للتوصيف والتعرف على المكونات الغذائية، ويعد كل من الرطوبة والرماد والدهن والبروتين والكربوهيدرات والحموضة والـ PH من أهم المؤشرات الكيميائية التي تتم دراستها (Ramdath *et al.*, 2020, 3). يعتبر المحتوى الرطوبي مهماً لأنه يؤثر على الجوانب الفيزيا–كيميائية للأغذية، والتي تحدد طزاجتها ومدى تحملها للتخزين (Wang *et al.*, 2021, 4). تشير النتائج الموضحة في الشكل (1) بأن النسبة المئوية للمادة الجافة تراوحت مابين 3.4% في الهجين شروق و5.3% في الهجين برافيا، وبمتوسط 3.52%، تقاربت النتائج مع نتائج دراسة قام بها Bojarska وآخرون (2020، 31) الذين وجدوا بأن محتوى المادة الجافة في الصنف (Beef-red) 5%. في حين تباينت نتائجنا مع نتائج الدراسة التي قام بها Viskelis وآخرون (2015، 51) والتي أظهرت أن المادة الجافة تراوحت مابين 6.64% في الصنف (Vilina) و9.06% في الصنف (Benito) في ثمار البندورة المزروعة عضوياً، ومن 6.37% إلى8.44% في البندورة المزروعة تقليدياً لنفس الأصناف على التوالي.

أما بالنسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية فإن قيمة TSS تنتج عن مجموع عدة مكونات: السكريات بنسبة 65% (السكروز والسكريات الأحادية السداسية)، 13% الأحماض العضوية (حمض الستريك وحمض الماليك)، مكونات ثانوية (الفينولات وحمض الأسكوربيك والبكتين والمعادن) (Beckles, 2012, 130). تراوحت نسبة المادة الصلبة الذائبة من 2.2% في الهجين شروق إلى 5.2% في الهجين برافيا وبمتوسط 4.33% (الشكل 1)، تقاربت نتائجنا مع ماتوصل إليه Aoun وآخرون (2013، 352)، الذين وجدوا بأن النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية في البندورة تراوحت بين 2.35 و4.5% ، كما شكلت المواد الصلبة الذائبة الكلية نسبة تراوحت بين 54.52 و98.11% من المادة الجافة الكلية، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه Kannaujia وآخرون (2019، 15) الذين أشاروا بأن المادة الصلبة الذائبة الكلية تشكل الجزء الأكبر من المادة الجافة في البندورة.



الشكل (1): النسبة المئوية للمادة الجافة والمواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار هجن البندورة المدروسة.

النسبة المئوية للحموضة الكلية: تراوحت النسبة المئوية للحموضة الكلية من 0.18% في الهجين لامانتين إلى 0.55% في الهجين برافيا وبمتوسط 0.31% (جدول 2). وقد يعزى المحتوى المنخفض من الحموضة إلى حدوث أكسدة للأحماض العضوية عند الإنتقال من المرحلة الخضراء الناضجة إلى مرحلة النضج الكامل (Balamurugan, 2015, 114). تقاربت نتائج دراستنا مع نتائج الدراسة التي أجراها Zalewska-Korona وآخرون (2013، 23) والتي كان فيها متوسط الحموضة الكلية 0.3 غ/100غ. كما تقاربت مع الدراسة التي قام بها Abukhovich وآخرون (2010، 96) فقد تراوحت الحموضة الكلية من 0.36 إلى 0.50غ/100غ.

بينت الدراسات أن البندورة الموصوفة بالنكهة الكاملة تتميز بمستوى منخفض من الحموضة القابلة للمعايرة، ومحتوى عالٍ من السكريات الكلية والمواد الصلبة الذائبة الكلية. علماً أن القيمة المرتفعة من نسبة الحموضة هي المفضلة من الناحية التصنيعية لأنها تحد من النمو الميكروبي للأحياء الدقيقة وخصوصاً في منتجات البندورة المعلبة (Thakur *et al.*, 1999, 395). لذلك تعد النسبة بين المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة الكلية مهمة جداً وتعكس مدى قابلية الثمار للاستهلاك الطازج أو توجيهيها للتصنيع حيث تدل القيمة المنخفضة لهذه النسبة بأن الطعم حامضي وقابض للثمار (Araujo *et al.*, 2014, 208). أظهرت النتائج بأن نسبة TSS/TA تراوحت بين 5.64 و18.33، وتعد الثمار ذات النسبة المرتفعة هي المفضلة للاستهلاك الطازج بينما الثمار ذات القيم المنخفضة هي المفضلة للتصنيع الغذائي (Vieira *et al.*, 2019, 6). كانت النتائج متقاربة مع نتائج Méndezوآخرون (2011، 30) الذين وجدوا بأن قيمة هذه النسبة في البندورة تراوحت بين 10.55 و17.96.

الجدول (2): النسبة المئوية للحموضة الكلية ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية للحموضة الكلية في ثمار هجن البندورة المدروسة.

الهجين	الحموضة %	TSS/TA
شروق	0.39^{b}±0.014	5.64
البلد	0.23^{d}±0.035	15
إليغرو	0.23^{d}±0.035	16
فرح	0.32^{bc}±0.028	10.31
FDR	0.26^{cd}±0.007	16.08
لامانتين	0.18^{d}±0.028	18.33
مرح	0.34^{b}±0.021	9.25
برافيا	0.55^{a}±0.071	9.45
المتوسط	0.31	12.51
$LSD_{0.05}$	80.0	-

*تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوي عند مستوى ثقة 95%.

يلاحظ من الجدول (3) أن متوسط حمض الأسكوربيك في الهجن المدروسة بلغ 8.68 مغ/100غ، وتفوق الهجين لامانتين معنوياً على باقي الهجن بقيمة 11.44 مغ/100غ، في حين أعطى الهجين شروق أقل قيمة وبمتوسط 4.73 مغ/100غ، وفقاً لـMathews وآخرون (1973، 243) تراوحت قيم فيتامين C لـ41 صنفاً من البندورة من 10.7 إلى 20.9 مغ/100غ، كما أظهرت بيانات لعشر سنوات دراسة على أصناف مختلفة من البندورة أن متوسط حمض الأسكوربيك كان 16.20 مغ/100غ (Viskelis *et al*., 2005, 188). يعزى تباين قيم فيتامين C إلى تباين الطرز المدروسة وظروف النمو البيئية (Mathews *et al*., 1973, 242).

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (3) كذلك وجود فروق معنوية بين الهجن المدروسة من حيث محتواها من الفينولات، وتراوح التركيز بين 1.60 و16.35 مغ/100غ. أوضح Duma وآخرون (2018، 86) بأن تركيز الفينولات الكلية تراوح بين 6.77 و14.34 مغ/100غ. في عدة أصناف من البندورة في مرحلة النضج الكامل. يتباين تركيز الفينولات الكلية باختلاف المذيب المستخدم وتركيزه ففي دراسة قام بها Mostapha وآخرون (2014، 137) تراوح تركيز الفينولات من 17.96 إلى 37.80مغ/100غ عند استخدام ميتانول 50%، في حين كان التركيز من 20.64 إلى 49.55 مغ/100غ عند اسخدام الميتانول المطلق، في حين أن التركيز تراوح من 22.53 إلى 51.58 مغ/100غ عند استخدام الايتانول المطلق ومن 20 إلى 30.25مغ/100غ عند استخدام ايتانول 50%.

يبين الجدول (3) نتائج النشاط المضاد للأكسدة لهجن البندورة المدروسة حيث نلاحظ تباين الهجن في قدرتها على تثبيط جذر DPPH، وتراوحت النسبة المئوية للتثبيط من 57.31% في الهجين برافيا إلى 90.63% في الهجين فرح. إن التباين بين الهجن المدروسة قد يكون عائد إلى تباين محتواها من المركبات الفعالة حيوياً والذي ينعكس على نشاطها المضاد للأكسدة. تقاربت نتائجنا من نتائج Hussain وآخرون (2017، 199) الذين لاحظوا بأن النشاط المضاد للأكسدة في البندورة الطازجة بلغ 87.90%.

بينت النتائج أن تركيز الليكوبين تراوح مابين 17.86 مغ/كغ في الهجين فرح و89.31 مغ/كغ وزن رطب في الهجين مرح والمتفوق معنوياً على باقي الهجن المدروسة (جدول 3)، أوضح Leiva-Brondo وآخرون (2016، 515) بأن تركيز الليكوبين في ثمانية

أصناف من البندورة تراوح مابين 45.70 و164.62 مغ/كغ وزن رطب، ووجد Nkolisa وآخرون (2019، 4) أن تركيز الليكوبين بلغ 3.05 مغ/100غ، إن التباين مع نتائج الدراسات السابقة قد يُعزى إلى الإختلاف في الأصناف والهجن المدروسة والموسم ومنطقة الزراعة والتي تؤثر في تركيز الصبغات الطبيعية في البندورة (Barrett *et al*., 2006, 57). وقد يعزى التباين أيضاً إلى الإختلاف في نوع المذيب المستعمل في الإستخلاص حيث يعد استعمال مزيج من المذيبات في الإستخلاص هو الأمثل من الناحية العملية للحصول على أعلى تركيز من الكاروتينويدات، لأن الجمع بين المذيبات القطبية (كالإيتانول والأسيتون) والمذيبات غير القطبية (كالهكسان) يرفع من كفاءة استخلاص الصبغات من البندورة. حيث تمتلك المذيبات القطبية القدرة على اختراق المركبات الفوسفولبيدية المكون للأغشية البروتينية –الدهنية (lipoprotein) في الخلية بينما يقوم الهكسان في إذابة واستخلاص الكاروتينويدات (Zuorro، 2020، 2).

الجدول (3): المحتوى من بعض المركبات المضادة للأكسدة والنشاط المضاد للأكسدة في ثمار هجن البندورة المدروسة.

الهجين	حمض الاسكوربيك (مغ/100غ)	الفينولات (مغ/100غ)	الليكوبين (مغ/كغ)	النشاط المضاد للأكسدة (DPPH%)
شروق	4.73^{f}±0.33	2.66^{de}±0.49	21.3^{e}±6.8	61.16^{d}±0.54
البلد	10.38^{bc}±0.53	2.9^{d}±0.14	42.59^{b}±3.89	88.02^{b}±0.99
إليغرو	9.68^{c}±0.16	1.6^{f}±0.22	42.59^{b}±1.94	84.18^{c}±0.59
فرح	10.54^{b}±0.47	2.34^{e}±0.23	17.86^{e}±0.97	90.63^{a}±0.53
FDR	6.60^{d}±0.28	4.96^{b}±0.06	42.59^{b}±3.89	88.91^{b}±0.45
لامانتين	11.44^{a}±0.40	4.89^{b}±0.44	27.48^{d}±1.94	85.62^{c}±0.70
مرح	10.35^{bc}±0.49	3.92^{c}±0.25	89.31^{a}±5.83	89.10^{a}±0.57
برافيا	5.74^{e}±0.08	16.35^{a}±0.21	32.98^{c}±1.94	57.31^{be}±0.55
المتوسط	8.68	4.95	39.59	80.62
$LSD_{0.05}$	0.77	0.34	4.91	1.60

*تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوي عند مستوى ثقة 95%.

سجلت علاقة ارتباط قوية موجبة بين المحتوى من حمض الأسكوربيك والنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH (r=0.79) (جدول 4)، وجاء ذلك متوافقاً مع ما حصل عليه Mostapha وأخرون (2014، 142) إذ كان الارتباط بين النشاط المضاد للأكسدة وحمض الأسكوربيك موجب (r=0.55). في حين كان الارتباط بين الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة سالب وبلغت قيمته (r=-0.63) (جدول 4)، وهذا ما توافق مع دراسة أجراها Sidhu وآخرون (2017، 6) إذ بلغت قيمة الارتباط r=-0.359، في حين اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل إليه Mostapha وآخرون (2014، 142) فقد كان الارتباط بين كل من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة معنوي موجب قوي (r=0.97). أما بالنسبة للارتباط بين الليكوبين والنشاط المضاد للأكسدة فقد كان موجب غير معنوي (r=0.34) (جدول 4)، وتوافقت نتائجنا مع ما أشار إليه Sidhu وآخرون (2017، 6) الذين وجدوا عدم وجود ارتباط معنوي بين الليكوبين والنشاط المضاد للأكسدة (r=0.154).

الجدول (4): علاقات الارتباط بين حمض الأسكوربيك، الليكوبين، الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة.

فيتامين C (VC)	-			
النشاط المضاد للأكسدة(DPPH)	0.7919	-		
الليكوبين (Lycopene)	0.2555	0.3395	-	
الفينولات الكلية (Total Phenols)	-0.4445	-0.635	-0.058	-
	فيتامين C (VC)	**النشاط المضاد للأكسدة(DPPH)**	**الليكوبين (Lycopene)**	**الفينولات الكلية (Total Phenols)**

الاستنتاجات Conclusions:

- تميزت الهجن المدروسة والمزروعة في سورية بقيمة غذائية جيدة، وانعكس ذلك من خلال النسب الجيدة للمكونات الكيميائية والمركبات الفعالة حيوياً الداخلة في تركيبها.
- يعزى النشاط المضاد للأكسدة في ثمار هجن البندورة المدروسة بشكل أساسي إلى محتواها الجيد من حمض الأسكوربيك وصبغة الليكوبين.
- يمكن استعمال الهجين برافيا في منتجات البندورة المصنعة نظراً لتمتعه بحموضة مرتفعة.

شكر وتقدير Acknowledgement:

نود أن نوجه جزيل الشكر والعرفان لكل من م. تهاني العايدي وم. يوسف السعدي.

المراجع References:

1. المجموعة الإحصائية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام (2019). صادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. مديرية الإحصاء والتخطيط. قسم الإحصاء.
2. Abukhovich A., Kobryń J. (2010): **Yield and changes in the fruit quality of cherry tomato grown on the cocofibre and rockwool slabs used for the second time**. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 9: 93–98.
3. Alda, L. M., Gogoasa, I., Bordean, D. M., Gergen, I., Alda, S., Moldovan, C., & Nita, L. (2009). **Lycopene content of tomatoes and tomato products**. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, *15*(4), 540-542.
4. Amr, A. S., & Hussein, D. S. (2013). **Tomato pomace pigment: extraction and use as food colorant.** Jordan Journal of Agricultural Sciences, 173(804), 1-29.
5. AOAC (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17ed, Maryland. USA.
6. AOAC. (2008). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 16th Ed. International Arligton, Virginia, U.S.A.
7. Aoun, A. B., B. Lechiheb, L. Benyahya and A. Frechichi. (2013). **Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Tunisia**. African Journal of Food Science 7:350-354.
8. Araujo, J. C., Silva, P. P., Telhado, S. F., Sakai, R. H., Spoto, M. H., & Melo, P. C. (2014). **Physico-chemical and sensory parameters of tomato cultivars grown in organic systems**. Horticultura Brasileira, 32, 205-209.
9. Balamurugan, S. (2015). **Physico-chemical studies during the ripening of the fruit of *Lycopersicon Esculentum Mill Var. Naveen.*** International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, 50, 113.
10. Beckles, D. M. (2012). **Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)** fruit. Postharvest Biology and Technology, 63(1), 129-140.
11. Bojarska, J. E., Piłat, B., Majewska, K. M., Sobiechowska, D. A., & Narwojsz, A. (2020). **Selected physical parameters and chemical compounds of different types of tomatoes.** Czech Journal of Food Sciences, 38(1), 28-35.
12. Borguini, R. G., & Ferraz da Silva Torres, E. A. (2009). **Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants**. Food Reviews International, 25(4), 313-325.
13. Delgado-Vargas, F., Sicairos-Medina, L. Y., Luna-Mandujan, A. G., López-Angulo, G., Salazar-Salas, N. Y., Vega-García, M. O., ... & López-Valenzuela, J. Á. (2018): **Phenolic profiles, antioxidant and antimutagenic activities of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* accessions from Mexico.** CyTA-Journal of Food, 16(1), 715-722.

14. Duma, M., Alsina, I., Dubova, L., & Erdberga, I. (2015). **Chemical composition of tomatoes depending on the stage of ripening**. Chemical Technology, 66(1), 24-28.
15. Garcia, E., & Barrett, D. M. (2006). **Assessing lycopene content in California processing tomatoes**. Journal of Food Processing and Preservation, 30(1), 56-70.
16. Hussain, M. B., Ahmad, R. S., Waheed, M., Rehman, T. U., Majeed, M., Khan, M. U., ... & Glinushkin, A. P. (2017). **Extraction and characterization of lycopene from tomato and tomato products.** Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 63(3).
17. Kader, A. A. (2008). **Flavor quality of fruits and vegetables**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(11), 1863-1868.
18. Kannaujia, P. K., Patel, N., Asrey, R., Mahawar, M. K., Meena, V. S., Bibwe, B., Jalgaonkar, K and Negi, N. (2019). **Variability of bioactive properties and antioxidant activity in commercially grown cherry tomato (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) cultivars grown in India**. Acta Alimentaria, 49(1), 13-22.
19. Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). **Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops.** Postharvest biology and technology, 20(3), 207-220.
20. Leiva-Brondo, M., Valcarcel, M., Martí, R., Roselló, S., & Cebolla-Cornejo, J. (2016). **New opportunities for developing tomato varieties with enhanced carotenoid content.** Scientia Agricola, 73, 512-519.
21. Londoño-Giraldo, L. M., Gonzalez, J., Baena, A. M., Tapasco, O., Corpas, E. J., & Taborda, G. (2020). **Selection of promissory crops of wild cherry-type tomatoes using physicochemical parameters and antioxidant contents**. Bragantia, 79, 169-179.
22. Maestri, D., Barrionuevo, D., Bodoira, R., Zafra, A., Jiménez-López, J., & de Dios Alché, J. (2019). **Nutritional profile and nutraceutical components of olive (Olea europaea L.) seeds**. Journal of food science and technology, 56(9), 4359-4370.
23. Mathews RF, Crill P, Burgis DS. **Ascorbic acid content of tomato varieties.** Florida State Horticultural Society 1973;86 242 -245.
24. Méndez I, I., Vera G, A. M., Chávez S, J. L., & Carrillo R, J. C. (2011). **Quality of fruits in Mexican tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) landraces.** Vitae, 18(1), 26-32.
25. Mostapha, B. B., Hayette, L., & Zina, M. (2014). **Antioxidant activity of eight tomato (Lycopersicon esculentum L.) varieties grown in Algeria**. Journal of Food Technology Research, 1(2), 133-145.
26. Nkolisa, N., Magwaza, L. S., Workneh, T. S., Chimphango, A., & Sithole, N. J. (2019). **Postharvest quality and bioactive properties of tomatoes (Solanum lycopersicum) stored in a low-cost and energy-free evaporative cooling system**. Heliyon, 5(8), e02266.
27. Osei, M. K., Annor, B., Adjebeng-Danquah, J., Danquah, A., Danquah, E., Blay, E., & Adu-Dapaah, H. (2018). **Genotype× Environment interaction: a prerequisite for**

tomato variety development. In Recent Advances in Tomato Breeding and Production. IntechOpen.

28. Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2012). **Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (Lycopersicon esculentum L.) farmer'varieties in Northeastern Portugal homegardens**. Food and Chemical Toxicology, 50(3-4), 829-834.
29. Ramdath, D. D., Lu, Z. H., Maharaj, P. L., Winberg, J., Brummer, Y., & Hawke, A. (2020). **Proximate analysis and nutritional evaluation of twenty Canadian lentils by principal component and cluster analyses**. Foods, 9(2), 175.
30. Salehi, B., Sharifi-Rad, R., Sharopov, F., Namiesnik, J., Roointan, A., Kamle, M., ... & Sharifi-Rad, J. (2019). **Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health:** An overview. Nutrition, 62, 201-208.
31. Sidhu, V., Nandwani, D., Wang, L., & Wu, Y. (2017). **A study on organic tomatoes: Effect of a biostimulator on phytochemical and antioxidant activities**. Journal of Food Quality, 2017.
32. Thakur, B. R., Singh, R. K., and Nelson, P. E. (1996). **Quality attributes of processed tomato products: A review.** Food Reviews International, 12(3), 375-401.
33. Toor, R. K., & Savage, G. P. (2005). **Antioxidant activity in different fractions of tomatoes**. Food research international, 38(5), 487-494.
34. Trejo-Solís, C., Pedraza-Chaverrí, J., Torres-Ramos, M., Jiménez-Farfán, D., Cruz Salgado, A., Serrano-García, N., ... & Sotelo, J. (2013). **Multiple molecular and cellular mechanisms of action of lycopene in cancer inhibition**. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2013.
35. Vallverdú-Queralt, A., Medina-Remón, A., Martínez-Huélamo, M., Jáuregui O., Andres-Lacueva, C., Lamuela-Raventos, R.M. 2011. **Phenolic profile and hydrophilic antioxidant capacity as chemotaxonomic markers of tomato varieties**. J. Agric. Food Chem. *59*, 3994–4001.
36. Vieira, D. A. D. P., Caliari, M., Souza, E. R. B. D., & Soares, M. S. (2019). **Methods for and pigments extration and determination of color in tomato for processing cultivars.** Food Science and Technology, 40, 11-17.
37. Viskelis P, Vilkauskaite G, Noreika RK. **Chemical composition, functional properties and consumption of tomatoes.** Sodininkyste ir Darzininkyste 2005;24(4) 182 -192.
38. Viskelis, P., Radzevicius, A., Urbonaviciene, D., Viskelis, J., Karkleliene, R., & Bobinas, C. (2015). **Biochemical parameters in tomato fruits from different cultivars as functional foods for agricultural, industrial, and pharmaceutical uses**. Plants for the Future, 11, 45.
39. Wang, T., She, N., Wang, M., Zhang, B., Qin, J., Dong, J., Fang, G., & Wang, S. (2021). **Changes in Physicochemical Properties and Qualities of Red Brown Rice at Different Storage Temperatures.** Foods, 10, 2658.

40. Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E. (2012): **Ocena przydatności do przetworstwa owocow wybranych odmian pomidora gruntowego (The evaluation of the suitability for fruit processing of selected tomato varieties).** Żywność. Nauka. Technologia. Jakość: 77–87. (in Polish)
41. Zuorro, A. (2020). **Enhanced lycopene extraction from tomato peels by optimized mixed-polarity solvent mixtures**. Molecules, 25(9), 2038.