الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

تأثير طرائق حفظ الزعرور البري في خصائصه الكيميائية ومحتواه من مضادات الأكسدة

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية – اختصاص علوم أغذية

اعداد المهندسة

صبا عيسى صقر

المشرف العلمي
د. رأفت إسماعيل
مدرس في قسم علوم الأغذية
كلية الزراعة – جامعة دمشق

المشرف المشارك
د. بسام العقلة
باحث في الهيئة العامة للتقانات الحيوية

2023

جدول المحتويات

الدراسة المرجعية ٥

الأهمية الصحية للخضار والفاكهة ٥

المواد الفعالة حيوياً في الثمار البرية ٧

المركبات الفينولية ٨

نبات الزعرور: ١١

الخصائص المورفولوجية لثمار الزعرور: ١٣

التركيب الكيميائي لثمار لزعرور ١٥

محتوى ثمار الزعرور من المركبات الفعالة حيوياً ١٦

الفوائد الطبية لنبات لزعرور: ٢٠

حفظ وتخزين ثمار الزعرور ٢٤

مواد البحث وطرائقه: ٢٦

جمع العينات: ٢٦

الخصائص الفيزيوكيميائية لثمار الزعرور: ٢٦

تخزين ثمار الزعرور الأصفر الكبير *C. pubescens* ٢٦

تخزين الثمار بدون أي معاملة: ٢٧

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض السيتريك: ٢٧

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض الأسكوربيك: ٢٧

تخزين الثمار بعد معاملتها بمحاليل من السكروز: ٢٧

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض ميتابيسلفيت الصوديوم: ٢٨

الاختبارات الفيزيائية: ٢٨

أبعاد الثمار: ٢٨

وزن الثمار: ٢٨

تقدير اللون: ٢٨

الاختبارات الكيميائية: ٢٩
المحتوى المائي: ٢٩
المواد الصلبة الذائبة:..... ٢٩
الجوامد الكلية: ٢٩
الدسم الكلي: ٢٩
البروتينات: ٢٩
الألياف: ٣٠
الحموضة الكلية:..... ٣٠
درجة الـ pH:..... ٣٠
الكربوهيدرات الكلية:..... ٣١
السكريات المرجعة:..... ٣١
تقدير العناصر المعدنية: ٣٢
تقدير المركبات الفعالية حيوياً:..... ٣٢
التحليل الاحصائي: ٣٧
النتائج والمناقشة..... ٣٨
الخصائص الفيزيائية لثمار الزعرور ٣٨
التركيب الكيميائي لثمار الزعرور ٤٠
المحتوى من العناصر المعدنية..... ٤٣
تحديد مؤشرات اللون لأنواع الزعرور ٤٤
المركبات الفعالة حيوياً والنشاط المضاد للأكسدة ٤٥
تأثير المعاملات الكيميائية المختلفة في خصائص ثمار الزعرور أثناء التخزين ٤٨
تغير التركيب الكيميائي للثمار غير المعاملة أثناء حفظها بالتبريد (4 °م)..... ٤٨
تغير التركيب الكيميائي للثمار المعاملة بتراكيز مختلفة من حمض السيتريك أثناء التخزين المبرد: ٥٢
تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من حمض الأسكوربيك في تغير التركيب الكيميائي للثمار أثناء التخزين:..... ٥٨

تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من السكروز في تغير التركيب الكيميائي للثمار أثناء التخزين:..... ٦٢
تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من ميتا بيسلفيت الصوديوم في تغير التركيب الكيميائي للثمار المخزنة:..... ٦٧
تأثير المعاملات المختلفة في المؤشرات الكيميائية لثمار الزعرور المخزنة بالتبريد ٧١
تأثير المعاملات المختلفة في حموضة ثمار الزعرور ٧١
تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من السكريات المرجعة..... ٧٢
تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من المواد الصلبة الذوابة الكلية..... ٧٣
تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من فيتامين C ٧٤
تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من الفينولات الكلية ٧٥
تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من الفلافونويدات..... ٧٦
تأثير المعاملات المختلفة في النشاط المضاد للأكسدة لثمار الزعرور ٧٧
تأثير المعاملات الكيميائية في المؤشرات الحسية لثمار الزعرور ٧٨
الاستنتاجات والتوصيات ٨٣
الاستنتاجات ٨٣
التوصيات ٨٤
المراجع ٨٥

الملخص

هدف هذا البحث إلى دراسة الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي لثلاثة أنواع من الزعرور البري النامي في سورية (زعرور أصفر كبير *C. pubescens* وزعرور أصفر صغير *C. monogyna* وزعرور أحمر *C. azarolus*)، وتحديد محتواها من المركبات الفعالة حيوياً، ودراسة التغيرات الكيميائية والحسية التي تطرأ على ثمار الزعرور *C. pubescens* بعد معاملتها بتراكيز مختلفة من حمض السيتريك وحمض الأسكوربيك والسكروز وميتا بيسلفيت الصوديوم وتخزينها بدرجة حرارة 4 م لمدة 90 يوماً. كان وزن ثمار الزعرور الأصفر الكبير الأعلى معنوياً مقارنة بباقي الأنواع حيث بلغ 13.93غ، أظهرت النتائج أن جميع أنواع الزعرور المدروسة غنية بالرماد (بين 1.68 و2.82% وزن طازج) والألياف (بين 8.16 و9.54% وزن طازج). تفوق الزعرور الأحمر بمحتواه من الفينولات الكلية والأنثوسيانينات على باقي الأنواع المدروسة، بينما تفوق الزعرور الأصفر الصغير على باقي أنواع الزعرور من حيث محتواه من الفلافونويدات. سجلت ثمار الزعرور الأحمر أعلى نسبة مئوية للنشاط المضاد للأكسدة تليها ثمار الزعرور الأصفر الصغير. انخفض محتوى الثمار المخزنة بالتبريد فقط بدون أي معاملة كيميائية من الفلافونويدات في نهاية فترة التخزين معنوياً بينما كان هذا الانخفاض أقل في العينات المعاملة بحمض سيتريك 3% وميتابيسلفيت 2% بنفس الفترة من التخزين. تفوقت معاملة الثمار بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم تركيز 4% على جميع المعاملات الأخرى حيث لم يحدث تغير معنوي في محتوى الثمار من كل من السكريات المرجعية وفيتامين C والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة بعد أسبوعين من التخزين. بينما كان التغير معنوياً بعد نفس الفترة من التخزين لمحتوى الثمار من فيتامين C والفينولات الكلية والفلافونويدات والنشاط المضاد للأكسدة عند المعاملة بكل من حمض السيتريك 2% وحمض السيتريك 3% وميتا بيسلفيت 2%. بينت نتائج الاختبارات الحسية أن الثمار المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم كانت أكثر قبولاً من ناحية اللون والطعم والقوام مقارنة بالثمار المعاملة بحمض السيتريك والثمار المخزنة بالتبريد بدون أي معاملة، أما الثمار المعاملة بحمض السيتريك فقد كانت أعلى قبولاً من ناحية القوام وأقل قبولاً من ناحية الطعم. احتفظت الثمار المخزنة بالتبريد فقط بخصائصها الحسية لمدة شهر واحد فقط بينما احتفظت الثمار المعاملة بمركب ميتا بيسلفيت والمخزنة بنفس الظروف بخصائصها الحسية حتى نهاية فترة التخزين.

الكلمات المفتاحية: زعرور، تركيب كيميائي، مركبات فعالة حيوياً، معاملات كيميائية، تخزين مبرد، خصائص فيزيوكيميائية، خصائص حسية.

المقدمة

تذخر غاباتنا ومناطقنا الحراجية بنباتات برية عديدة ذات فوائد غذائية وصحية مهمة، إضافة إلى مذاقها الرائع وإمكانية الاستفادة منها في تصنيع منتجات غذائية جديدة أو منتجات وظيفية أو استخدام ثمار هذه النباتات وأوراقها بأشكالها المختلفة (طازجة أو مجففة) أو مستخلصاتها كمضافات غذائية تضفي المذاق الجيد للمنتجات الغذائية التقليدية وتحسين الخصائص المورفولوجية والفيزيوكيميائية لهذه المنتجات، بالإضافة إلى الفعالية العالية المضادة لنمو الأحياء الميكروبية للزيوت العطرية المستخلصة من بعض النباتات البرية النامية محلياً. ونتيجة للطلب المتنامي لاستخدام النباتات البرية كمواد طبيعية علاجية بديلاً عن العلاجات الدوائية الكيميائية التقليدية ولدعم واستكمال النظام الغذائي اليومي للفرد تم وضع هذه النباتات موضع الاهتمام في جميع أنحاء العالم. تُحقق الكثير من هذه النباتات وثمارها ومستخلصاتها المتطلبات الرئيسية من ناحية السلامة والحد الأدنى من التأثيرات السلبية غير المرغوبة والفعالية الحيوية العالية وتكاليفها المنخفضة مقارنةً بالأدوية الصناعية المتوفرة في الأسواق.

يعتبر الزعرور .*Crataegus* spp أحد هذه النباتات البرية، وهو ينمو في أوروبا وشمال افريقيا وغرب آسيا وأمريكا الشمالية. تعد الأجزاء المختلفة من هذا النبات كالثمار والأزهار والأوراق مصدراً غنياً بالعناصر الغذائية والمركبات الحيوية الفعالة، ولها العديد من الفوائد الصحية نتيجة لتركيبها الكيميائي وغناها بالمركبات الفينولية المضادة للأكسدة.

تضمن هذا البحث خمسة فصول:

تناول الفصل الأول الدراسات المرجعية السابقة والنتائج التي توصلت اليها تلك الدراسات على أنواع الزعرور والتركيب الكيميائي للزعرور النامي في مناطق مختلفة من العالم وأهميته الغذائية وفوائده الطبية واستخداماته العلاجية والتصنيعية.

تطرق الفصل الثاني إلى المواد والطرائق المستخدمة في البحث حيث تم توضيح مخطط إجراء هذا البحث ومصدر المواد الأولية ونوعها وخطوات اجراء الاختبارات المختلفة (فيزيائية وكيميائية وحسية) عليها وآلية تطبيق هذه الاختبارات ومرجعيتها.

في الفصل الثالث تم استعراض النتائج التي تم التوصل اليها في هذا البحث ومناقشتها وتفسيرها اعتماداً على دراسات علمية متعلقة بها مع توضيح النتائج في جداول ومخططات تظهر تغيرها في الظروف والمعاملات المختلفة.

أوردت في الفصل الرابع الاستنتاجات التي تلخص أهم النتائج التي خلص اليها البحث والتوصيات المقترحة لإتمام البحث وتطويره.

في الفصل الخامس تم ذكر المراجع والمصادر التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث.

- **مشكلة البحث:**

يعتبر الزعرور من الثمار البرية المنتشرة بشكل كبير في سورية وله العديد من الفوائد الصحية والعلاجية، وبالرغم من ذلك لا توجد أي دراسات محلية تناولت هذه الثمار بشكل كافي من ناحية تخزينها وتصنيعها والاستفادة من خصائصها الطبية والعلاجية ودراسة تركيبها الكيميائي وتحديد الظروف المثلى لتخزينها.

- **فرضيات البحث:**

ثمار الزعرور بأنواعها المختلفة غنية بالمركبات المفيدة صحياً وخاصة مضادات الأكسدة، ومن الممكن إطالة فترة تخزينها من خلال تبريدها بعد تطبيق معاملات كيميائية مختلفة تؤدي للحفاظ على خصائصه الفيزيائية والكيميائية والحسية لأطول فترة ممكنة.

- **تساؤلات البحث:**

- هل تحتوي ثمار الزعرور على كميات وافرة من الحموض العضوية والسكريات والمركبات المضادة للأكسدة (فيتامين C والفينولات الكلية والأنثوسيانينات والفلافونويدات)؟
- أي نوع من أنواع ثمار الزعرور المنتشرة محلياً هي الأغنى بمضادات الأكسدة؟
- هل يمكن إطالة فترة تخزين ثمار الزعرور بالتبريد بعد تطبيق معاملات كيميائية مختلفة؟
- أي من المعاملات الكيميائية المطبقة هي الأفضل من ناحية إطالة فترة التخزين والحفاظ على الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لثمار الزعرور؟

- **مسلمات البحث:**

- تحتوي ثمار الزعرور على مضادات أكسدة بتراكيز مرتفعة تشير اليها الألوان المميزة لهذه الثمار.
- يتباين محتوى ثمار الزعرور من المركبات الفعالية حيوياً حسب نوع هذه الثمار.
- تؤدي بعض المعاملات الكيميائية إلى الحفاظ على الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لثمار الزعرور أثناء تخزينها بالتبريد.

- **أهداف البحث:**

١- دراسة التركيب الكيميائي لثلاثة أنواع من ثمار الزعرور المنتشرة محلياً في مناطق مختلفة من سورية.

٢- تحديد نوع ثمار الزعرور الأعلى محتوى من المركبات الفعالة حيوياً.

٣- دراسة تأثير بعض المعاملات الكيميائية في إطالة فترة التخزين المبرد لثمار الزعرور.

٤- دراسة تغير الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لثمار الزعرور خلال فترة التخزين.

٥- تحديد أفضل معاملة كيميائية تحافظ على الخصائص الكيميائية والحسية لثمار الزعرور خلال فترة التخزين.

- **أهمية البحث:**

تعود أهمية هذا البحث إلى تسليط الضوء على ثمار برية متوفرة في مناطق مختلفة من سورية ولها نكهة وطعم مميز وخصائص تغذوية وعلاجية كبيرة معروفة عالمياً ولا تتم الاستفادة منها أو الاهتمام بزراعتها وزيادة كميات الثمار المنتجة منها.

- **مسوغات البحث:**

- توفر ثمار الزعرور بأنواع مختلفة في عدة مناطق من سورية.
- عدم وجود دراسات محلية تتناول التركيب الكيميائي لأنواع ثمار الزعرور النامية في سوريا ومحتواها من المركبات المضادة للأكسدة.
- عدم وجود دراسات محلية وندرة الدراسات الخارجية التي تتناول طرق تخزين ثمار الزعرور.

الدراسة المرجعية

الأهمية الصحية للخضار والفاكهة

تنصح المفوضية الأوروبية ومنظمة الصحة العالمية باستهلاك 400 غ على الأقل من الفاكهة والخضار الطازجة مقسمة إلى 4 – 6 حصص في اليوم، وقد ازداد وعي المستهلكين خلال العقد الماضي تجاه الفوائد الصحية لتناول الفاكهة بعد أن أصبح المستهلكون حول العالم على دراية بأضرار الجذور الحرة وفوائد تزويد الجسم بالمواد المضادة للأكسدة (Finkel *et al*., 2000).

أكدت العديد من الأبحاث الوبائية العلاقة العكسية بين تناول الفاكهة والخضار والوفيات الناجمة عن أمراض القلب والأوعية الدموية وغيرها من الأمراض التنكسية (Hertog *et al*., 1993a; Scalbert *et al*., 2005b). توصلت الدراسات إلى دور البولي فينولات في منع الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية وأمراض السرطان وهشاشة العظام ومرض السكري، قد ترتبط هذه الأمراض بزيادة تشكل الجذور الحرة للأكسجين التي تنتج عن مركبات حيوية مختلفة مثل الليبيدات المكوّنة للأغشية الحيوية والـ DNA والبروتينات الأخرى (Scalbert *et al*., 2005b). ينتج عن عمليات الأكسدة العديد من الأمراض المزمنة (Forbes-Hernandez *et al*., 2014). يعزى التأثير الوقائي الناتج عن تناول الخضار والفاكهة إلى احتوائها على المركبات المضادة للأكسدة مثل الكاروتينات وحمض الأسكوربيك والبولي فينولات والتي تعمل كماسكات للمعادن وكمواد مانحة للهيدروجين تعيق عمليات الأكسدة التي تُحفز بواسطة الأكسجين والضوء في الوسط الطبيعي (Lobo *et al*., 2010).

ينصح أخصائيو التغذية بتناول الفاكهة والخضار كمصادر مفيدة للصحة نتيجة احتوائها على كميات كافية من الألياف الغذائية والفيتامينات والعناصر المعدنية والمركبات الفعالة بيولوجياً (Li *et al*., 2014; Giampieri *et*

(*al*., 2014). توصلت الدراسات التغذوية والمرضية إلى أنه كلما زاد استهلاك الفرد من الفاكهة والخضار كلما انخفض تعرضه للأمراض المزمنة مثل أمراض القلب والسرطان الزهايمر (Lock *et al*., 2005).

الثمار البرية هي ثمار لنباتات برية، تكون غالباً غريبة غير معروفة وغير مُستغلة. تعتبر العديد منها صالحة وآمنة للاستهلاك، وبعضها يستخدم كدواء. نتيجة لاختلاف الأصناف والظروف البيئية فإن الثمار البرية غنية بالمركبات الكيميائية الحيوية مثل الأنثوسيانينات والفلافونويدات، لذلك تعتبر الثمار البرية أغذية صحية غالباً. ازداد الاهتمام بالثمار البرية في السنوات الأخيرة، وأجريت الكثير من الدراسات حول تأثيراتها البيولوجية مثل النشاط المضاد للأكسدة وتأثيراتها المضادة للميكروبات وللسرطان والالتهابات. أشارت هذه الدراسات إلى إمكانية الاستفادة من الثمار البرية لمنع ومعالجة بعض الأمراض المزمنة.

تصنف النباتات الطبية في مجموعتين، الأولى تضم النباتات التي تعتمد فعاليتها الحيوية على وجود جزيئات أحادية (بسيطة) (مثل القلويدات alkaloids)، وتكون هذه النباتات فعالة عند جرعات منخفضة بينما الجرعات الزائدة منها تكون سامة، أما المجموعة الثانية تضم نباتات تعتمد فعاليتها على مزيج من المركبات (مثلاً مزيج من الفلافونويدات)، عادة تكون التأثيرات الجانبية أو السامة لهذه النباتات منخفضة أو معدومة ومن هذه النباتات (الزعرور، وأوراق بعض نباتات العنب). تشتق 70% تقريباً من الأدوية التي نستخدمها من مصادر نباتية (Imber and Labbé, 2018).

يعتمد الطب الشعبي في الصين وأوروبا على استخدام النباتات الطبية. لبعض هذه النباتات خصائص دوائية وُثقت من خلال دراسات سريرية. من الناحية الطبية تستهلك هذه النباتات عادة بشكل حبوب (مستخلصات جافة) أو مستخلصات مائية او كحولية لتحديد الجرعة الواجب استهلاكها وضمان فعالية العلاج بها، ولا تحتاج هذه المستحضرات عادة إلى وصفات نظامية من الطبيب (Lyall *et al*., 2009).

حتى الآن لا توجد علاجات طبية لبعض الأمراض (مثل الأمراض الوريدية في القدم) وإنما يعتمد علاجها على تناول بعض النباتات الطبية (مثل أوراق العنب الأحمر وبعض العشاب الأخرى) (Tabart *et al*., 2007).

المواد الفعالة حيوياً في الثمار البرية

تنتج الجذور الحرة كنواتج ثانوية في عمليات الاستقلاب الخلوي، وهي قادرة على قتل البكتيريا وتخريب الجزيئات الخلوية والتأثير على الاستجابة المناعية وتنشيط العوامل المسرطنة والتسبب بتصلب الشرايين وتسريع الشيخوخة (Ansari, 1997). أهم أنواع الجذور الحرة المتولدة في الأنظمة الحية هي الأكسجين والنتروجين الفعال (reactive oxygen and nitrogen species ROS and RNS). يلعب الإنتاج الزائد من الـ ROS والـ RNS دوراً أساسياً في العديد من أمراض الإنسان المزمنة، أهمها تصلب الشرايين والسكري والسرطان والتهاب المفاصل واعتام عدسة العين وأمراض باركنسون (Halliwell and Gutteridge, 1990).

تم التعرف إلى مصادر طبيعية متنوعة تتميز بنشاطها المضاد للأكسدة مثل الفاكهة والخضار والأزهار القابلة للأكل والحبوب المطحونة والنبيذ والنباتات العشبية (Li, 2014). أجريت العديد من الأبحاث لتقدير الفعالية المضادة للأكسدة في أنواع محددة من الثمار البرية، أظهرت ثمار التوت البري غير المستغلة *Prunus mahaleb* فعالية قوية كمضاد أكسدة حيث كانت نتائج القدرة على امتصاص الجذور الحرة للأكسجين (ORAC) 150 ميللي مول/كغ وزن طازج (Blando *et al*., 2016)، بالإضافة إلى احتواء هذه الثمار على كمية عالية من الأنثوسيانين تقارب ما تحتويه بعض الثمار الغنية جداً بهذه المركبات. كما قُدّر النشاط المضاد للأكسدة DPPH والنشاط الكابح للجذور الحرة في بعض أنواع ثمار الجوافة *Psidium acuntagulum* التي تنمو في مناطق الأمازون وكانت 24.96 و0.63 مغ فيتامين C/100 غ من الوزن الطازج على الترتيب (Ramos *et al*., 2015). وفي دراسة نفذت على ثمار العناب *Ziziphus mistol* بينت ارتفاع قدرتها المضادة للأكسدة، وبناءً على ذلك نصحت تلك الدراسة باستهلاك ثمار العناب لفوائدها الصحية (Cardozo *et al*., 2011). أيضاً تميزت ثمار القشطة *Annona cherimola* بنشاطها

المضاد للأكسدة المرتفع (Barreca *et al*., 2011). واحتوت مستخلصات ثمار الكرز البري *Malpighia emarginata* وعصيره على تراكيز مرتفعة من الحموض الفينولية والفلافونويدات والأنثوسيانينات، وكانت ذات نشاط مضاد للأكسدة أعلى منها لبعض عصائر الثمار الشائعة مثل الفريز والعنب والتفاح (Mezadri *et al*., 2008). تعد ثمار البابايا من الجنس Chaenomeles غذاءاً وظيفياً مهماً، حيث كانت قيمة النشاط المضاد للأكسدة DPPH في النوع *C. sinensis* 6.48% (Du *et al*., 2013).

المركبات الفينولية

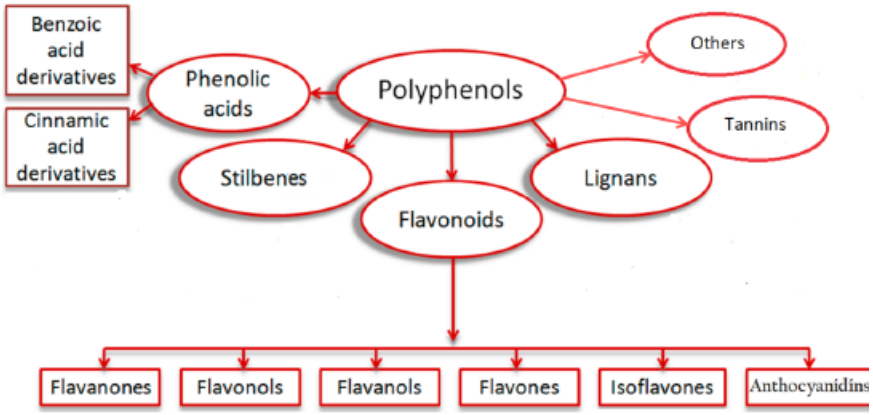
المركبات الفينولية هي إحدى مجموعات المركبات العطرية التي تنتشر بشكل كبير في المملكة النباتية، يُعرف حتى الآن أكثر من 8000 بنية فينولية، تشكل الفلافونويدات 6000 بنية منها (Watson *et al*., 2013). تحتوي المركبات الفينولية حلقة عطرية أو أكثر متصلة بمجموعات هيدروكسيلية. يمكن تقسيمها إلى عدة مجموعات تبعاً لعدة أسس، منها طول الهيكل الأساسي (يتراوح من بنية بسيطة تحتوي 6 ذرات كربون حتى بنى متعددة بوليميرية)، أو حسب الاختلافات بين هذه البنى (درجة المثيلة، عدد مجموعات الهيدروكسيل وغيرها)، وحسب قدرتها على تشكيل روابط مع جزيئات أخرى (كربوهيدرات، دسم، بروتينات وغيرها). حسب الوظائف الحيوية تقسم البولي فينولات إلى مجموعتين: المركبات الفلافونويدية والمركبات اللافلافونويدية) (Martinez *et al*., 2017).

البولي فينولات اللافلافونويدية:

يمكن أن تقسم البولي فينولات اللافلافونويدية إلى عدة مجموعات من المركبات الفينولية: الحموض الفينولية (وتقسم إلى حموض هيدروكسي سينامك hydrocinnamic acids وحموض هيدروكسي بينزوئيك hydroxybenzoic acids)، ستيلبينات stilbenes، الليغنينات lignans، التانينات tannins وغيرها (Dai and Mumper, 2010) (الشكل 1).

الحموض الفينولية، تحتوي مجموعة هيدروكسيلية واحدة أو أكثر ومجموعة كربوكسيلية حمضية ترتبط مع حلقة بنزن. يمكن أن تقسم الحموض الفينولية حسب مكان توضع المجموعة الهيدروكسيلية إلى مجموعتين حموض بنزوئيك وحموض سيناميك (Robbins, 2003). يعد حمض الكافيئيك Caffeic acid وحمض الفيروليك Ferulic acid من أهم حموض الهيدروكسي سيناميك، بينما تعد حموض الغاليك gallic والفانيليك vanillic من أهم حموض الهيدروكسي بنزوئيك (Kolasa, 2012).

توجد الحموض الفينولية في أنواع عديدة من الأغذية (الحبوب، البذور النباتية، الفاكهة، الخضار، وبشكل خاص في النباتات العشبية) (Oliver *et al*., 2016). سُجّلت الحموض الفينولية كمركبات ذات وظائف حيوية مهمة للإنسان وذات فعالية كبيرة مضادة للأكسدة (Kumar and Goel, 2019).

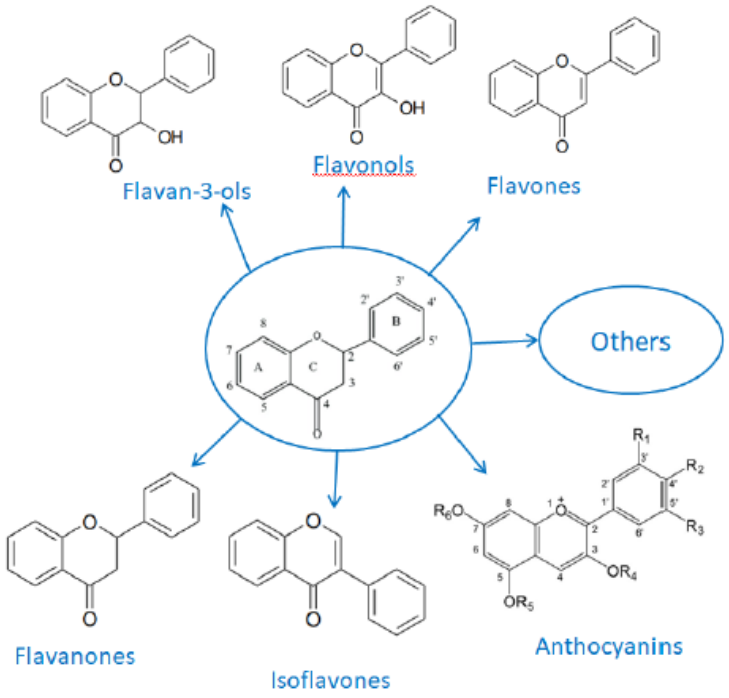


الشكل (1): البولي فينولات الرئيسية الموجودة في النباتات. (Dirimanov and Högger, 2019)

الفلافونويدات:

تتكون البنية العامة للفلافونويدات من 15 ذرة كربون، تتألف من حلقتي فينيل phenyl rings (a و B) وحلقة غير متجانسة (C). تصنف الفلافونويدات ضمن عدة تحت مجموعات تشمل الفلافونات flavones والفلافونولات flavonolsوالفلافانونات flavanones والفلافانونولات flavanonols والفلافانولات flavanoles (أو الكاتشينات

catchins) والأنثوسيانينات anthocyanins (Valls *et al*., 2009) (الشكل 2). تلعب الفلافونويدات دوراً مهماً في النباتات فهي المسؤولة عن صبغات الأزهار والخصائص العطرية التي تجذب الحشرات للتلقيح (Barb *et al*., 2008). وتلعب دوراً في الآلية الدفاعية للنبات والتحكم بنمو النبات من خلال تثبيط أو تنشيط الأنزيمات، كما أن لها دور في قدرة النبات على تحمل الظروف المناخية الحارة والباردة (Samanta *et al*., 2011).



الشكل (2): البنية الأساسية للفلافونويدات.

الأنثوسيانينات:

وهي مجموعة رئيسية من الفلافونويدات، مسؤولة عن لون أغلب البتلات والفاكهة والخضار وبعض أنواع الحبوب مثل الرز الأسود. تظهر بألوان بين الأحمر أو الوردي أو البنفسجي وحتى اللون الأزرق في التوت والتفاح الأحمر والعنب الأحمر والكرز وأنواع أخرى عديدة من الفاكهة، وفي الخس الأحمر والملفوف الأحمر والبصل والباذنجان إضافة إلى النبيذ الأحمر (Khoo *et al*., 2017). من الناحية الكيميائية تعد الأنثوسيانينات غليكوزيدات لمشتقات عديدة الهيدروكسيل والميثوكسيل، الاختلاف الوحيد بين الأنثوسيانينات المختلفة هو عدد مجموعات

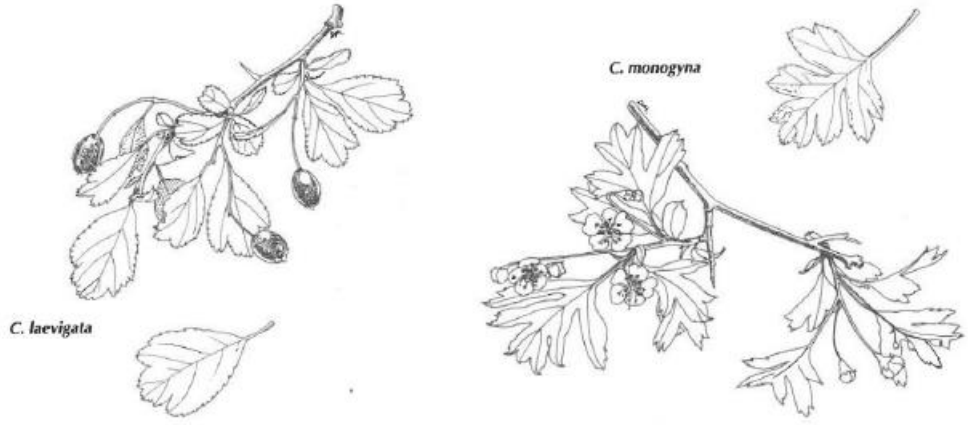
الهيدروكسيل في الجزيء ودرجة المثيلة لمجموعات الهيدروكسيل هذه، وطبيعة وعدد جزيئات السكر المرتبطة بالجزيئة وموقع الارتباط، وطبيعة وعدد الحموض الحلقية أو الأليفاتية المرتبطة بالسكريات في الجزيء (Su, 2012). تسمى الأنثوسيانينات التي تم فصل جزيء السكر عنها بالأنثوسيانيدينات anthocyanidins. توجد الأنثوسيانينات في النباتات والأغذية بشكل غليكوزيدات حيث ترتبط بجزيء واحد أو أكثر من السكر، غالباً تكون جزيئات السكر المرتبطة بها غلوكوز أو فركتوز أو غالاكتوز أو كزيلوز أو أرابينوز أو رامنوز (Belwal *et al*., 2017).

ازداد الاهتمام حالياً بالمركبات البولي فينولية المستخلصة من النباتات نتيجة فوائدها الصحية لتستخدم إما كمضافات للأغذية أو لأغراض طبية او علاجية (Fraga *et al*., 2019).

نبات الزعرور:

ينتمي الزعرور (*Crataegus* spp.) إلى العائلة *Rosaceae* وتحت العائلة Maloideae والتي يُقدّر بأنها تضم حوالي 280 نوعاً species. تشمل العائلة *Rosaceae* بعض أنواع الفاكهة ذات الأهمية الاقتصادية مثل الفريز والتوت والتفاح والبرقوق والإجاص (Vasco *et al*., 2008). الاسم العلمي للزعرور مشتق من الكلمة الاغريقية Krataigos والتي تعني القوة والمتانة نسبة إلى خشبها القوي والمتين. المناطق الملائمة لنمو أشجار الزعرور هي الغابات ذات التربة الكلسية بارتفاع حوالي 1500 متر عن مستوى سطح البحر(Nazhand *et al*., 2020). نبات الزعرور هو أشجار أو شجيرات شائكة يتراوح طولها بين 2 إلى 5 أمتار وقد تصل إلى 10 أمتار، لحاءها متقشر وفيه شقوق طولية لونه أخضر زيتوني، أوراقها خشنة بطول سويقة 5 – 15 مم، قاعدة الورقة عريضة ومخروطية وذات حواف غير متساوية. تظهر الأزهار البيضاء في شهري أيار وحزيران، طولها حتى 15 مم (الشكل 3)، تنمو أشجار الزعرور على حواف الغابات وتفضل المناطق الدافئة والمنخفضة (Yilmaz *et al*., 2010; Edwards *et al*., 2012). ألوان ثمار الزعرور لامعة وهي مصدر غني بالفلافونويدات وفيتامين C والغليكوزيدات والأنثوسيانيدين والسابونين والتانينات ومضادات الأكسدة (Ljubuncic *et al*., 2005). تُستهلك ثمار الزعرور طازجة غالباً، وتستخدم

أوراقه كبديل للشاي (Cao *et al*., 1995). تنضج ثمار الزعرور في أواخر الصيف وتجذب الطيور كثيراً حيث تتناول الثمار وتنشر البذور. توجد أصناف مختلفة من الزعرور ذات ألوان عديدة، مثلاً للنوع *Crataegus pentagyna* لون أسود أو أرجواني مسود، وللنوع *Crataegus tanacetifolia* لون أصفر وأحياناً يكون ملطخاً بالأحمر، للنوع *Crataegus orientalis* لون برتقالي محمر، للنوع *Crataegus pontica* لون أصفر إلى برتقالي، للنوع *Crataegus atrosanguinea* لون أحمر غامق، وللنوع *Crataegus curvisepala* لون أرجواني غامق، وللنوع *Crataegus stevenii* لون أحمر، وللنوع *Crataegus monogyna* لون أحمر أو أحمر بني وللنوع *Crataegus microphylla* لون أحمر (Browicz, 1972). بيّن Hummer و Janick (2009) في توصيفهما لثمار الزعرور أنها بيضوية الشكل، لون اللب فيها أصفر.



الشكل (3): أوراق وأزهار الزعرور. (Rameau *et al*., 2018).

استخدم الزعرور في آسيا وأوروبا كغذاء وفي الطب الشعبي لفترة طويلة، يستخدم السكان الأصليين لأمريكا اللاتينية ثمار الزعرور لتحضير شراب عالي الطاقة يسمى "Pennican"، وتستخدم هذه الثمار في العديد من مناطق العالم لتحضير المربيات وكمنكهات للوجبات مثل اللحوم البيضاء (Nazhand *et al*., 2020)، تُستهلك ثمار الزعرور إما طازجة أو مُصنّعة (مربى، هلام، شراب، فاكهة معلبة) خاصة في آسيا (Wang *et al*., 2013). تم توثيق خصائص وتأثيرات مستخلصات الزعرور على الصحة في مجال الطب التقليدي المتبع في الصين والهند وبعض

الدول الأوروبية. يُستخدم الزعرور عادة لخصائصه المنشّطة للهضم ووظيفة المعدة ولتحسين الدورة الدموية (Tadić *et al*., 2008; Wu *et al*., 2014). تستخدم النهايات المزهرة للزعرور في أوروبا وأمريكا الجنوبية (الأوراق والأزهار) بسبب خصائصها العلاجية (قابضة، مضادة للتشنج، مقوية للقلب، مدرة للبول، خافضة للضغط، موسعة للأوعية، مضادة لتصلب الشرايين، مضادة لفرط شحميات الدم) (Yang *et al*., 2012). كما أصبحت توصف كعلاج مكمّل لأمراض فشل القلب من الصنف I وحتى III وفقاً لتعليمات منظمة القلب في نيويورك (NYHA) (Koch and Malek, 2011). يمكن أن يكون للزعرور بعض التأثيرات السلبية صحياً بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من ضغط الدم المنخفض (Nazhand *et al*., 2020).

الخصائص المورفولوجية لثمار الزعرور:

درست الخصائص المورفولوجية للعديد من أنواع الزعرور المنتشرة في مناطق مختلفة من العالم، تراوح ارتفاع ثمار الزعرور بين 6.41 مم و12.64 مم (Stoenescu and Cosmulescu, 2020). وجد (Yanar *et al*., 2011) عند دراسته لبعض خصائص ثمار الزعرور النامية في تركيا أن ارتفاع ثمار الزعرور تراوح بين 11.62 مم و13.38 مم. سجلت نتائج مشابهة أيضاً من قبل (Turkoglu *et al*., 2005) في تركيا بينت أن ارتفاع ثمار الزعرور تراوح بين 7.96 مم و12.74 مم). وجد (Albarouki et Peterson, 2007) في دراسته على ثمار الزعرور في سوريا أن ارتفاع الثمار يتراوح بين 5 مم و11 مم. نتائج متقاربة حصل عليها (Ozderin et Fakir, 2015) أظهر فيها أن ارتفاع ثمار الزعرور يتراوح بين 7 مم و10 مم. أما قطر ثمار الزعرور فقد تراوح بين 5.75 مم و13.94 حسب (Stoenescu and Cosmulescu, 2020). وكان قطر أنواع ثمار الزعرور التي درست من قبل (Yanar *et al*., 2011) بين 10.45 مم و12.69 مم. أما (Turkoglu *et al*., 2005) فقد سجل أقطار ثمار الزعرور المدروسة بين 7.32 مم و13.24 مم. وكانت بين 7.00 مم و10.00 مم حسب (Ozderin et Fakir, 2015).

بالنسبة لوزن الثمار، فقد تراوح وزن أنواع مختلفة لثمار الزعرور بين 0.18 غ و1.15غ (Stoenescu and Cosmulescu, 2020)، حصل (Turkoglu *et al*., 2005) على نتائج مشابهة عند دراسته للخصائص المورفولوجية

لثمار الزعرور النامية في تركيا حيث كانت بين 0.29غ و1.17غ، أيضاً تراوح وزن بعض ثمار الزعرور النامية في تركيا بين 0.26 غ وحتى 0.89 غ (Ozderin et Fakir, 2015). تحتوي ثمار الزعرور على بذور صغيرة نسبياً يختلف وزنها وعددها في الثمرة الواحدة حسب النوع، حسب (Stoenescu and Cosmulescu, 2020) تراوح وزن البذور في بعض أنواع الزعرور بين 0.04 غ و0.48غ، وكانت أعلى مما حصل عليه (Turkoglu *et al*., 2005) الذي وجد أن وزن البذور يتراوح بين 0.034 غ و0.26 غ، أظهرت نتائج (Ozderin et Fakir, 2015) أن وزن البذور تراوح بين 0.05 غ و0.19 غ. ذكر (Stoenescu and Cosmulescu, 2020) أن محتوى ثمار الزعرور من اللب يختلف باختلاف حجم الثمرة، تملك الثمار التي تحتوي بذور كبيرة كمية قليلة من اللب غالباً.

أظهر (Yanar *et al*., 2011) عند دراسته 21 نوعاً من الزعرور النامي في تركيا أن متوسط وزن الثمار تراوح بين 0.65 غ و4.19غ (أغلب الثمار كان وزنها أعلى من 4.00غ). أما متوسط طول الثمار فقد تراوح بين 10.06 مم إلى 18.07 مم. نسبة اللب إلى البذور تراوحت من 3.23 إلى 9.29. كما لوحظت اختلافات معنوية بين أنواع الزعرور المدروسة من حيث رقم الـ pH، والمواد الصلبة الذوابة حيث تراوحت بين 2.82 و3.62 وبين 6.40% و16.00% على الترتيب. وتراوح عرض الثمار بين 9.88 مم و20.39 مم.

وجد (Balta *et al*., 2006) أن لثمار الزعرور من النوع *C. tanacetifolia* أعلى وزن (4.99 غ) يليه النوع *C. orientalis* (3.48 غ) ثم النوع *C. pontica* (3.31 غ) والنوع *C. aronia* (2.63غ) والنوع *C. meyeri* (1.36 غ).

أشار (Turkoglu *et al*., 2005) إلى أن وزن ثمار الزعرور ونسبة اللب إلى البذور فيها بين 0.29 – 4.21 غ وبين 4.82 و9.69 غ. وفقاً لـ (Yanar *et al*., 2011) فإن الاختلاف في وزن الثمار وأبعادها بالنسبة للأنواع الموجودة في نفس الظروف الجغرافية قد يكون نتيجة للتأثيرات الوراثية. بيّن (Ercisli, 2004) أنه كلما كان وزن الثمار أعلى مترافقاً مع نسبة لب أعلى تكون الثمار مرغوبة أكثر. توصل (Asma and Brihanli, 2003;

(Turkoglu *et al*., 2005; Balta *et al*., 2006) عند دراستهم لبعض أصناف ثمار الزعرور النامية في تركيا أن طول الثمار وعرضها تراوح بين 7.96 إلى 23.9 مم وبين 8.00 إلى 22.78 مم. تعد الخصائص الفيزيوكيميائية للثمار مؤشراً مهماً لنوعية هذه الثمار ودرجة نضجها والعوامل الرئيسية لمتطلبات السوق. أظهرت نتائج (Li *et al*., 2015) أن قيم مؤشرات اللون *L و*a و*b لعينات مختلفة من ثمار الزعرور كانت في المجالات (54 – 33) و(5 – 17) و(21 – 12) على الترتيب. كما وجد (Alirezalu *et al*., 2020) أن لون السطح الخارجي لثمار الزعرور يختلف معنوياً بين أنواع مختلفة من ثمار الزعرور *C. atrosanguinea* ، *C. monogyna*، *C. songarica*، *C. percisa* حيث كانت قيم المؤشر *a (40.63، 33.95، 6.59، 39.49) على الترتيب، وكانت قيم المؤشر *b (23.53، 12.55، 1.62، 22.22) على الترتيب، وقيم المؤشر *L (13.74، 7.37، 1.03، 12.98) على الترتيب، وقيم المؤشر *C* (46.96، 36.21، 6.79، 45.31) على الترتيب. بين (Serçe *et al*., 2011) أن وسطي قيم المؤشرات *L، *a، *b، لأنواع مختلفة من ثمار الزعرور 71.3 و1.8 و49.4 على الترتيب.

التركيب الكيميائي لثمار لزعرور

ذكر (Alirezalu *et al*., 2020) أن درجة الـ pH لعدة أنواع من الزعرور تراوحت بين 3.03 و4.35، أما أعلى قيمة لمحتواها من الحموض الكلية TA فقد كانت في ثمار الزعرور الصفراء (1.17%) وكانت أقل (0.75%) في أنواع أخرى من الزعرور *C. azarolus* و*C. Pentagyna*. وتراوح محتوى ثمار الزعرور من المواد الصلبة الكلية الذوابة TSS بين (14.99 و23.43 بريكس)، وكان أعلى محتوى من الكربوهيدرات المنحلة الكلية 19.43% وأقل محتوى منها 5.27%، أما أعلى محتوى من الكاروتينويدات فكان (405.79 ميكروغرام/غ وزن طازج). بينت نتائج (Li *et al*., 2015) على عدة أنواع من الزعرور أن متوسط محتواها من المواد الصلبة الذوابة كان 7%، ومتوسط محتواها من الحموض الكلية 3%. في بعض الدراسات التي أجريت في مناطق مختلفة من تركيا، تراوحت قيم المواد الصلبة الذوابة الكلية ودرجات الـ pH بين 11.66 إلى 24.00% و3.12 إلى 4.09 على الترتيب (Özcan *et al*., 2005; Turkoglu *et al*., 2005)، قد تكون الاختلافات نتيجة تأثير الظروف البيئية لأماكن نمو الزعرور.

وضحت نتائج (Özcan *et al*., 2005) أن متوسط درجة الـ pH والحموضة الكلية لثمار الزعرور كانت 3.38 و1.98% على الترتيب. أيضاً لاحظ (Serçe *et al*., 2011) أن وسطي محتوى ثمار الزعرور من المواد الصلبة الذوابة الكلية، درجة الـ pH، الحموضة الكلية كانت 16.5% و3.19 و1.49% على الترتيب. وجد (Meng and Wang, 2005) عند دراستهم للتركيب الكيميائي لـ 18 نوعاً من ثمار الزعرور أن محتواها من السكريات الذوابة الكلية والحموض الكلية والبروتينات وفيتامين C كان 90 و20 و6 و0.7 غ/كغ بالنسبة للوزن الجاف على الترتيب، وكان محتوى ثمار الزعرور من فيتامين C أعلى من محتوى ثمار الفاكهة الأخرى منه. أشار (Liu *et al*., 2010) إلى أن متوسط محتوى ثمار الزعرور من حمض السيتريك وحمض الماليك هو من 20 – 84 ومن 3 – 11 غ/كغ بالنسبة للوزن الجاف على الترتيب، ومحتواه من الفركتوز والغلوكوز من 55 – 184 ومن 53 – 166 غ/كغ بالنسبة للوزن الجاف على الترتيب، أيضاً وجد أن متوسط محتوى هذه الثمار من السوربيتول 30 – 157 غ/كغ بالنسبة للوزن الجاف.

محتوى ثمار الزعرور من المركبات الفعالة حيوياً

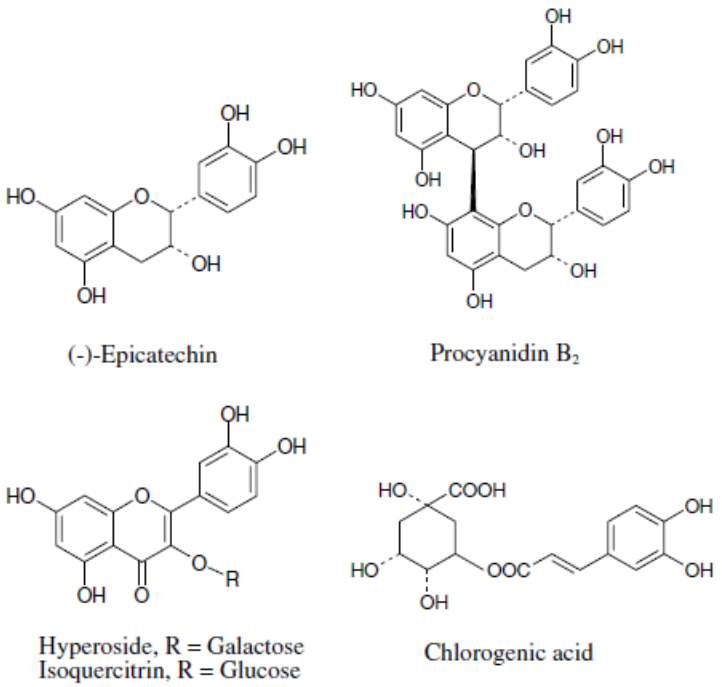
أظهرت دراسات عديدة أجريت على ثمار الزعرور ارتفاع محتواه من المركبات الفينولية التي تعتبر المجموعات الرئيسية للمركبات الفعالة بيولوجياً. تعد البروأنثوسيانيدينات والمشتقات الغليكوزيدية الأخرى من الفلافونويدات هي المسؤولة عن الفعالية الدوائية لكل من ثمار الزعرور وأوراقه وأزهاره (Edwards *et al*., 2012).

تحتوي ثمار الزعرور على تراكيز مرتفعة من الفلافونويدات، وتعد الفلافونات أحد أهم المجموعات المندرجة تحت الفلافونويدات في الزعرور. بينت الدراسات أن بعض الفلافونات الموجودة في الزعرور هي سلسلة من المركبات التي تكون فيها الأغليكونات هي أبيجينين Apigenin أو لوتيولين Luteolin (Yang and Liu, 2012). وجد (Ringl *et al*., 2007) أن الفيتيكسين Vitexin (apigenin-8-C-glucoside) ومشتقاته أكثر الفلافونات الموجودة في الزعرور. سجل وجود الفيتيكسين وأحد مشتقاته vitexin-2-O-rhamnoside في عدة أصناف من الزعرور مثل *Crataegus laevigata* و *Crataegus rhipidopylla* و *Crataegus macrocarpa*، بينما وجد المشتق vetexin-

2-O-rhamnoside وإيزوفيتيكسين isovitexin في الأجزاء المزهرة لأصناف الزعرور *Crataegus monogyna* و *Crataegus pentogyna* و *Crataegus laevigita* (Yang and Liu, 2012). أيضاً، عزلت أربعة فلافونويدات من أوراق الزعرور *Crataegus pinnafifida* هي ketohexosefuranosides و pinnatifinoside A, B, C (Zhang and Xu, 2001).

أما الفلافونولات وهي أيضاً أحد المجموعات المهمة التي تندرج تحت الفلافونويدات والتي توجد في الزعرور فقد سجلت المركبات Kaempferol و quercetin و 8-methoxykaempferol كفلافونولات رئيسية في الزعرور، والمركبات Rutin و hyperoside و quercetin كفلافونولات رئيسية موجودة في أوراق الزعرور من النوع *Crataegus pinnatifida* (Ying *et al*., 2009).

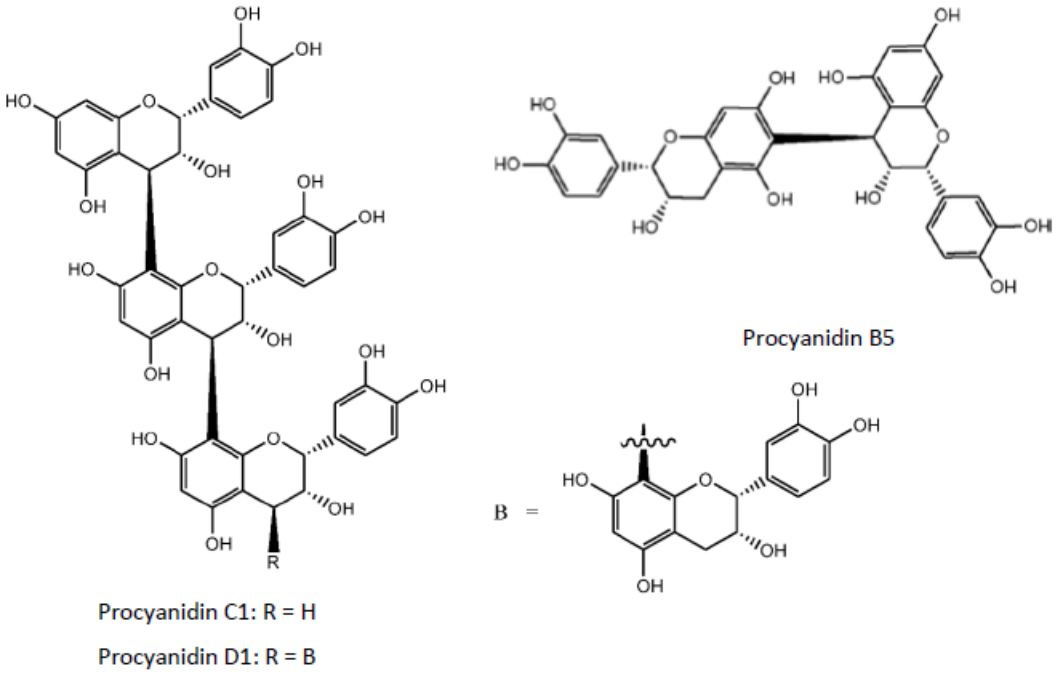
عزلت بعض الفلافانولات من ثمار الزعرور *Crataegus monogyna* وهي epicatechin و catechin. (الشكل 4) (Svedström *et al*., 2002).



الشكل (4): البنى الكيميائية لبعض المركبات المعزولة من ثمار الزعرور.

تمثل البروأنثوسيانيدينات (التانينات المتكاثفة) مجموعة من مركبات flavan-3-ols المتكاثفة مثل procyanidin و prodelphinidins و propelargonidins (Hussain and Shaikh, 2016).

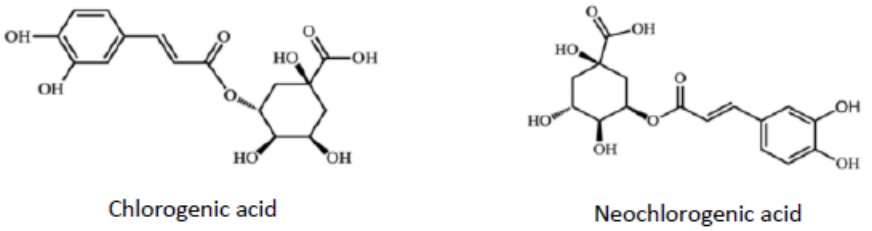
تم عزل وتوصيف حوالي 30 مركب من البروسيانيدينات متعددة الجزيئات (oligomeric procyanidins) في أوراق وثمار الزعرور، يختلف تركيز كل مركب من هذه المركبات حسب جزء النبات المحتوي عليه ونوع النبات (Yang and Liu, 2012). يوضح الشكل (5) صيغ بعض مركبات البروسيانيدين المعزولة من أجزاء مختلفة من أشجار الزعرور.



الشكل (5): بنية بعض مركبات البروسيانيدين المعزولة من ثمار الزعرور. (Nabayi *et al*., 2015)

تم تحديد وجود مركبات فينولية أخرى في الزعرور، حيث وجد حمض الكلوروجينيك (Chlorogenic acid or 3-O-caffeoylquinic acis) في ثمار وأوراق أنواع الزعرور. بينما وجدت مماكبات هذا الحمض مثل حمض نيوكلوروجينيك (neochlorogenic acid or 5-O-caffeoylquinic acid) في نوع محدد من ثمار الزعرور هو *Crataegus grayana* (Liu *et al*., 2011). عرفت سبعة أنواع من الحموض الفينولية (مثل protocatechuic و-p

hydroxybenzoic وcaffeic وchlorogenic وferulic وvanillic وsyringic acid) في مستخلصات أوراق الزعرور من النوع *Crataegus monogyna* (Öztürk and Tunçel, 2011). يُظهر الشكل (6) البنية الكيميائية لكل من حمض الكلوروجينيك وحمض نيوكلوروجينيك.



الشكل (6): بنية كل من حمض الكلوروجينيك ونيوكلوروجينيك. (Liu *et al*., 2019)

محتوى ثمار الزعرور من الفينولات الكلية

وجد Alirezalu وآخرون (2020) أن محتوى الفينولات الكلية TPC في عدة أنواع من ثمار الزعرور المدروسة تراوح بين 21.19 و69.12 مغ حمض غاليك/غ على أساس الوزن الجاف، حيث تميز النوع *C. pentagyna* بأعلى محتوى من الفينولات الكلية بينما وجد أقل محتوى منها في النوع *C. turkestanica*. وقد أشار (Orhan *et al*., 2007) إلى أن الاختلافات في محتوى ثمار الزعرور من الفينولات الكلية قد يعود لاختلاف النوع ومكان الزراعة والنمط الجيني، بينما فسّر (Dixon and Paiva, 1995) ذلك بأنه يعود لارتفاع منطقة الزراعة عن مستوى البحر ودرجة الحرارة ومحتوى التربة من العناصر الغذائية ودرجة نضج الثمار. أظهرت نتائج (Zhang *et al*., 2001) أن محتوى TPC في ثمار الزعرور نوع *C. pinnatifida* كان 2.9 مغ غاليك/غ على أساس الوزن الجاف (Liu *et al*., 2010).

محتوى ثمار الزعرور من الفلافونويدات الكلية

أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Alirezalu وآخرون (2020) على عدة أنواع من ثمار الزعرور أن محتواها من الفلافونويدات الكلية TFC تراوح بين 2.44 و6.08 مغ كويرستين/غ على أساس الوزن الجاف. بينما

توصل Froehlicher وآخرون (2009) إلى أن محتوى الفلافونويدات الكلية في ثمار الزعرور من النوع *C. monogyna* كان 1.47 مع/غ وزن جاف، وفي النوع *C. pentagyna* كان 23.68 مغ/غ مادة جافة (Prinz *et al*., 2007) و0.81 مغ/غ مادة جافة في النوع *C. azarolus* (Bignami *et al*., 2003).

الفعالية المضادة للأكسدة لثمار الزعرور

تؤثر عمليات الأكسدة في الخصائص الحسية والقيمة الغذائية والقوام وفترة الصلاحية للأغذية حيث تخرب البروتينات والفيتامينات والحموض الدسمة الأساسية غير المشبعة والصبغات مثل الأنثوسيانين والكاروتينويدات والميوغلوبين (Lorenzo *et al*., 2018). تراوحت الفعالية المضادة للأكسدة في أنواع ثمار الزعرور بين 0.32 و1.84 ميلي مول Fe^{++} /غ على أساس الوزن الجاف، سُجلت أعلى قيمة للفعالية المضادة للأكسدة في النوع *C. pentagyna* وأقل قيمة في النوع *C. persica* (Alirezalu *et al*., 2020). فسّر Bahri-Sahloul وآخرون (2009) ارتفاع الفعالية المضادة للأكسدة في ثمار الزعرور لامتلاكها مركبات فينولية خاصة epicatechin و procyanidin B_2. أكد كل من Agregan وآخرون (2019) و Roselló-Soto وآخرون (2019) وجود ارتباط معنوي بين المحتوى من الفينولات والفعالية المضادة للأكسدة. أثبتت بعض الدراسات أيضاً أن المكونات النباتية هي مضادات أكسدة طبيعية يمكن أن تخفض بشكل معنوي أكسدة الدهون (Yin and Cheng, 2003).

الفوائد الطبية لنبات لزعرور:

معالجة أمراض القلب والأوعية الدموية والنظام الوعائي

أثبتت الدراسات السريرية الحديثة أن مستخلصات الزعرور تُستخدم كمتممات غذائية وأدوية عشبية في علاج مرضى قصور القلب المزمن. كما ساهمت في تحسين العديد من الأعراض مثل التعب والخمول وضيق التنفس بشكل كبير، أفادت هذه الدراسات أن مستخلصات الزعرور كانت فعالة في علاج 40 مريضاً من الذكور والإناث الذين يعانون من قصور القلب الاحتقاني من النوع II وذلك خلال مدة 12 أسبوعاً (Zapfe, 2005). أكد Holubarsch وآخرون (2008) أن مستخلصات الزعرور هي مستحضرات آمنة ولم تسبب أي آثار جانبية. في دراسة نفذها

Swaminathan وآخرون (2010) حول تأثير مستخلصات الزعرور في علاج الإصابة بنقص التروية، بينت النتائج أن هذه المستخلصات كانت قادرة على كبح جذور الهيدروكسيل والبيروكسيل وتحسين وظيفة انقباض القلب وتقليل حجم احتشاء عضلة القلب وتقليل نشاط أنزيم الكرياتين كيناز وأنزيم اللاكتات ديهيدروجيناز.

قيّم (Jayalakshmi and Devaraj, 2004) تأثير مستخلصات الزعرور في احتشاء عضلة القلب الناجم عن الأيزوبروتيرينول. وبتطبيقه على الفئران أثبت أنه يمنع زيادة بيروكسيدات الدهون ويحافظ على مضادات الأكسدة بحالة توازن ويثبط تطور أمراض الشرايين التاجية. وأظهرت مستخلصات الزعرور تأثيرات مفيدة على الدورة التاجية، وزيادة قوة تقلص عضلة القلب البشرية. كما كان للمستخلصات الكحولية للزعرور فعالية جيدة في معالجة اضطراب انتظام ضربات القلب عند الفئران (Alp *et al*., 2015).

معالجة ارتفاع ضغط الدم:

أشارت بعض التجارب السريرية التي أجراها (Walker *et al*., 2006) إلى قدرة مستخلصات الزعرور في علاج ارتفاع ضغط الدم لدى مرضى السكري من النوع 2 بتناول 1200 مغ يومياً من مستخلص الزعرور لمدة 16 يوماً، وأن مستخلص الزعرور يقلل بشكل كبير من ضغط الدم الانقباضي والانبساطي لدى مرضى ارتفاع ضغط الدم.

درس (Bouaziz *et al*., 2014) التأثير الخافض لضغط الدم لمستخلصات أوراق نبات *Crataegus azarolus*، أظهرت النتائج انخفاضاً في متوسط ضغط الدم الشرياني عند الفئران مما يوفر الدعم العلمي لعلاج ارتفاع ضغط الدم. في الصين يستخدم دواء عشبي يتم انتاجه من ثلاثة مكونات عشبية أهمها مستخلص الزعرور *Crataegus pinnatifida* بتركيز 85% (Iwaoka *et al*. 2007).

التأثير المضاد لفرط شحميات الدم:

أظهرت مستخلصات الزعرور قدرتها على تقليل الكوليسترول منخفض الكثافة LDL عند كل من الحيوانات والبشر الذين يعانون من فرط شحميات الدم، كما ساهمت في تخفيض مستويات الدهون في الدم لدى الفئران التي تعاني من تصلب الشرايين (Xu *et al*., 2009).

بينت نتائج (Ye *et al*., 2010) أن ثمار الزعرور أدت إلى انخفاض معنوي في النسبة بين الكوليسترول منخفض الكثافة LDL وكوليسترول الدم، وكذلك خفض مستويات الدهون الثلاثية ومعالجة فرط شحوم الدم الناجم عن النظام الغذائي عالي الدهون في الفئران، وحدد أربعة مركبات في مستخلص الزعرور الكحولي (quercetin, hyperoside, rutin, chlorogenic acid) من المحتمل أن تكون مسؤولة عن هذه الخاصية.

درس Kuo *et al*., 2009 تأثير مستخلص ثمار الزعرور *Crataegus pinnatifida* على السمنة وخلل شحوم الدم الناجم عن اتباع نظام غذائي عالي الدهون عند الفئران. أثبتت النتائج أن العلاج بمستخلص الزعرور قلّل من قابلية الفئران لتناول الطعام وخفض وزن الجسم ووزن الأنسجة الدهنية، كما قلّل المحتوى من الكولسترول الكلي والدهون الثلاثية.

الفعالية المضادة للأكسدة:

أجريت العديد من الدراسات التي تناولت قدرة أنواع مختلفة من الزعرور على كبح الجذور الحرة وفعاليتها المضادة للأكسدة، توصلت نتائج هذه الدراسات إلى أن أعلى قدرة مضادة للأكسدة لوحظت عندما كان اجمالي مركبات البولي فينول والفلافونويدات والبروأنثوسيانيدين في الحد الأقصى (Bahorun *et al*., 2003).

خلص Bernatoniene *et al*., 2008 إلى أن مركبات الإبيكاتشين (epicatechin) والكاتشين (catechin) أظهروا أعلى فعالية في كبح الجذور الحرة مقارنة بالمكونات الأخرى الفعالية حيوياً في المستخلصات المائية

والإيتانولية للزعرور من النوع Crataegus monogyna، كما احتوت المستخلصات الإيثانولية على بولي فينولات كلية أعلى من المستخلصات المائية وبالتالي لها نشاط أكبر في التخلص من الجذور الحرة.

قارن (Froechlicher *et al*., 2009) الخصائص المضادة للأكسدة للأزهار المجففة والأجزاء المزهرة (الأوراق والأزهار) وثمار الزعرور الطازجة والمجففة، تبين أن النشاط المضاد للأكسدة كان أعلى في الأزهار المجففة والأجزاء المزهرة مقارنة بالثمار الطازجة والمجففة.

التأثير المضاد للالتهابات:

ركزت العديد من الأبحاث على التأثيرات المضادة للالتهابات لمستخلصات الزعرور في كل من الجسم الحي (in vivo) وفي المختبر (in vitro). وجد Tadic *et al*., 2008 أن مركبات hyperoside و isoquercetin هي المركبات الفلافونويدية الرئيسية في المستخلص الإيثانولي للزعرور، وأظهرت تأثيراً قوياً مضاداً للالتهابات عند دراستها على الجرذان.

أشارت بعض الدراسات حول تأثير مستخلص أوراق الزعرور المضاد للالتهابات إلى أن المستخلص الكحولي من أوراق *Crataegus orientalis* يلعب دوراً هاماً في علاج الأمراض الالتهابية المؤلمة (Bor *et al*., 2012).

تأثيرات طبية أخرى:

أوضح Belkhir *et al*. 2013 أن لمستخلص أوراق وقشور الزعرور *Crataegus azarolus* نشاطاً كبيراً مضاداً للبكتيريا خاصة ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus* و *Streptococcus faecalis*. كما بيّن (Orhan *et al*., 2007) قدرة مستخلصات الزعرور *Crataegus aronia* و *Crataegus monogyna* المضادة للبكتيريا والفطريات والفيروسات.

حفظ وتخزين ثمار الزعرور

يتم حفظ الفاكهة لفترات أطول عادة من خلال تصنيعها إلى منتجات مختلفة مثل صناعة المربيات والعصائر والهلامات. تهدف تقنيات الحفظ المستخدمة عند تخزين الفاكهة إلى تقليل التغيرات التي تحدث نتيجة فساد الأغذية بسب العدد الكبير من التفاعلات الحيوية والأنزيمية والكيميائية والفيزيائية (Gould, 2000). تعتبر طرائق الحفظ باستخدام المواد الكيميائية من أكثر الطرائق استخداماً وأوسعها انتشاراً مقارنة بالطرائق الأخرى بسبب سهولة تطبيقها وانخفاض تكاليفها. تستخدم العديد من المواد الحافظة الكيميائية مع طرائق حفظ أخرى مثل التبريد أو التجفيف لمنع حدوث التلوث الميكروبي ولزيادة فترة صلاحية المادة الغذائية. من أهم المواد الحافظة المستخدمة في المنتجات الغذائية بنزوات الصوديوم وسوربات البوتاسيوم وميتابيسلفيت البوتاسيوم وحمض السوربيك وثنائي أكسيد الكبريت ومحاليل السكروز وغيرها (Mishra, 2011). تعمل سوربات البوتاسيوم على منع نمو الخمائر والفطور في العديد من المواد الغذائية مثل الألبان والأجبان والنبيذ واللحوم المجففة، أما مادة بنزوات الصوديوم فإنها تمنع نمو البكتيريا والفطور في الظروف الحمضية وتُستخدم غالباً في الأغذية الحامضية خاصة المنتجات الحاوية على الخل والمنتجات المكربنة (Krebs, 1983). لا توجد مادة كيميائية واحدة قادرة على القضاء على جميع الأحياء الدقيقة بفعالية عالية (Chiply, 1983). تستخدم عادة مادة ميتابيسلفيت البوتاسيوم لإطالة فترة حفظ لب الفاكهة ومنتجاتها بسبب تأثيرها الفعال المضاد للميكروبات وتثبيطها لتفاعلات الاسمرار الأنزيمية (Lueck, 1990). ينتج عن تخزين الفاكهة والخضار بظروف الحفظ المختلفة تغيرات فيزيائية وكيميائية وحسية تتعلق بنوع الثمرة وتركيبها الكيميائي ومحتواها من الرطوبة والسكريات، تتمثل هذه التغيرات في ازدياد نسبة المواد الصلبة الذوابة والسكريات المرجعة والحموضة الكلية، وانخفاض محتواها من السكريات الكلية والمركبات الفعالة حيوياً (فيتامين C والفينولات الكلية والفلافونويدات والأنثوسيانينات). وهذا ما أكده (Karpagavalli and Amutha 2015) عند دراسته على تخزين ثمار الرمان لمدة 180 يوماً حيث ازداد محتواها من المواد الصلبة الكلية من 45 إلى 46.14 بريكس، وقد فسّر هذه الزيادة بأنها ناتجة عن حلمهة السكريات العديدة مثل النشاء والسيللوز والمواد البكتينية إلى مركبات أبسط، أيضاً ازدادت

الحموضة الكلية وانخفضت درجة الـ pH. عزى (Tiwari *et al*., 2010) انخفاض الـ pH أثناء تخزين الفاكهة إلى الزيادة في محتوى الأحماض نتيجة تشكل أحماض عضوية جديدة من خلال تفكك حمض الأسكوربيك، كما ازدادت نسبة السكريات المرجعة أثناء التخزين، وذلك نتيجة تحول جزء من السكريات غير المرجعة إلى سكريات مرجعة في الظروف الحمضية وحلمهة السكريات العديدة. أيضاً انخفض محتوى الرمان من السكريات الكلية من 43.20% إلى 41.95% بعد التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة (Karpagavalli and Amutha 2015). ذكر (Shivakumar *et al*., 2009) وجود زيادة معنوية في السكريات المرجعة وانخفاض في السكريات الكلية خلال تخزين البرتقال والبندورة. أشار (Karpagavalli and Amutha 2015) إلى انخفاض في محتوى حمض الأسكوربيك خلال كامل فترة التخزين، وقد فسّر هذا الانخفاض بأنه بسبب حدوث أكسدة لحمض الأسكوربيك وتحوله إلى حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين. في العينات المعاملة حرارياً (البسترة) تكون الزيادة في الحموضة قليلة نتيجة تثبيط الأنزيمات التي تفكك السكريات العديدة والمنتجة للحموض (Kumhar et al., 2014). يعد الزعرور من الثمار التي تُستهلك طازجة، ولكن بسبب طبيعتها القابلة للفساد فإن نوعيتها تتدهور بعد القطاف ولا يمكن تخزينها لفترة طويلة بالظروف الطبيعية. يؤدي تغير نوعية الثمار خلال التخزين إلى انخفاض قبولها بالنسبة للمستهلك (Vieira *et al*., 2009). لا توجد دراسات سابقة عن تخزين ثمار الزعرور أو عن معاملتها بمواد حافظة.

مواد البحث وطرائقه:

جمع العينات:

تم الحصول على ثلاثة أنواع من ثمار الزعرور من مناطق مختلفة من سورية، (نوع أصفر كبير الحجم *Crataeggus pubescens* (بستاني هجين) تم جمعه من منطقة الحفة في ريف اللاذقية، ونوع أحمر صغير الحجم *Crataegus monogyna* ونوع أصفر صغير الحجم *Crataegus azarolus* جمعا من منطقة الزبداني في ريف دمشق عام 2021. اختيرت الثمار الناضجة والسليمة والمتجانسة في اللون والحجم والخالية من الإصابات الميكانيكية أو أي مظهر من مظاهر الفساد. غُسلت الثمار تحت تيار مائي نظيف صالح للشرب، وبعد إزالة جميع آثار مياه الغسيل وضعت في أكياس بولي إيتيلين معقمة وحفظت بدرجة حرارة البراد حتى موعد إجراء الاختبارات المطلوبة.

الخصائص الفيزيوكيميائية لثمار الزعرور:

درست الخصاص الفيزيائية للأنواع الثلاث من ثمار الزعرور (اللون، عدد البذور، وزن البذور، أبعاد الثمرة، وزن الثمرة، محتوى الثمرة من اللب)، وتركيبها الكيميائي بعد نزع اللب عن البذور يدوياً (محتواها من الرطوبة والمواد الصلبة الكلية والمواد الصلبة الذوابة والكربوهيدرات الكلية والمواد الدسمة والبروتينات والرماد والألياف والحموضة الكلية ودرجة الـ pH) ومحتواها من بعض العناصر المعدنية (صوديوم، بوتاسيوم، الكالسيوم)، ومحتواها من المركبات الفعالة حيوياً (فيتامين C، الفينولات الكلية، الفلافونويدات، الأنثوسيانينات)، كما قُدّر النشاط المضاد للأكسدة لكل من الأنواع الثلاث.

تخزين ثمار الزعرور الأصفر الكبير *C. pubescens*

درست التغيرات الفيزيوكيميائية الحاصلة أثناء فترة تخزين أنصاف ثمار الزعرور الأصفر الكبير 90 يوماً بدرجة حرارة البراد 4 °م، حيث قطعت الثمرة إلى نصفين ونزعت البذور منها وطبقت عليها عدد من المعاملات،

ودرست التغيرات في التركيب الكيميائي للثمار (المحتوى من الرطوبة والمواد الصلبة الذوابة والحموضة الكلية والسكريات المرجعة ودرجة الـ pH) ومحتواها من المركبات الفعالة حيوياً والنشاط المضاد للأكسدة أثناء فترة التخزين بواقع مرة كل 15 يوماً حتى انتهاء فترة التخزين.

تخزين الثمار بدون أي معاملة:

درست التغيرات الكيميائية في ثمار الزعرور أثناء فترة تخزينها بالتبريد (4 °م) بدون إضافة أي معاملة أخرى.

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض السيتريك:

درست التغيرات الكيميائية في ثمار الزعرور أثناء فترة تخزينها بالتبريد (4 °م) بعد معاملتها بتراكيز مختلفة من حمض السيتريك (1%، 2%، 3%)، حيث غُطّست الثمار المقطعة في هذه المحاليل بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق.

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض الأسكوربيك:

درست التغيرات الكيميائية في ثمار الزعرور أثناء فترة تخزينها بالتبريد (4 °م) بعد معاملتها بتراكيز مختلفة من حمض الأسكوربيك (1%، 2%، 3%)، حيث غُطّست الثمار المقطعة في هذه المحاليل بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق.

تخزين الثمار بعد معاملتها بمحاليل من السكروز:

درست التغيرات الكيميائية في ثمار الزعرور أثناء فترة تخزينها بالتبريد (4 °م) بعد معاملتها بمحاليل مختلفة من السكروز بتراكيز (45%، 55%، 65%)، حيث غُطّست الثمار المقطعة في هذه المحاليل بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق.

تخزين الثمار بعد معاملتها بحمض ميتابيسلفيت الصوديوم:

درست التغيرات الكيميائية في ثمار الزعرور أثناء فترة تخزينها بالتبريد (4 °م) بعد معاملتها بتراكيز مختلفة من حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم (2%، 4%)، حيث غُطّست الثمار المقطعة في هذه المحاليل بدرجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق.

الاختبارات الفيزيائية:

أبعاد الثمار:

تم التعبير عن شكل الثمار من خلال قياس متوسط قطر الثمار (مم) وارتفاعها (مم) باستخدام مقياس رقمي (بياكوليس) (Ercisli *et al.*, 2015, 84).

وزن الثمار:

تم تحديد الوزن الوسطي لثمار الزعرور الكاملة المدروسة باستخدام ميزان حساسيته 0.01غ نوع Sartorius ألماني الصنع، تم تقطيع الثمار وفصل البذور عن اللب يدوياً، ثم وزن كل من اللب والبذور بشكل منفصل لتقدير نسبة اللب إلى البذور في الثمار.

تقدير اللون:

وفقاً لطريقة (Hutchings، ١٩٩٩)، استُخدم جهاز قياس اللون Colorimeter نوع Biobase طراز BCM-200 صيني المنشأ، تم تحديد المؤشر L^* (مؤشر السطوع) وتتراوح قيمه من 0 (الأسود) إلى 100 (الأبيض)، وتتراوح قيمة المؤشر a^* (مؤشر الاحمرار) في المجال بين 100- (الأخضر) و100+ (الأحمر الأرجواني)، أما قيمة المؤشر b^* فتتراوح بين 100- (الأزرق) إلى 100+ (الأصفر).

الاختبارات الكيميائية:

المحتوى المائي:

قُدّر محتوى ثمار الزعرور من الماء بتجفيف عينة موزونة على درجة 105° م باستخدام مجفف JSR (كوري الصنع) حتى ثبات الوزن وفقاً لـ (AOAC, 1995).

المواد الصلبة الذائبة:

قدّرت المواد الصلبة الذائبة (Total soluble solids TSS) وفقاً لطريقة (Ahmad *et al*., 2001) باستخدام جهاز الرفراكتوميتر الضوئي (Carl Roth-DR 201-95) ألماني الصنع مجال القراءة فيه من 0 حتى 90%. تمت معايرة جهاز الرفراكتوميتر بالماء المقطر قبل الاستخدام ثم وضعت على سطح الموشور عدة نقاط من عصير ثمار الزعرور.

الجوامد الكلية:

قدرت الجوامد الكلية بطرح قيمة المحتوى المائي في ثمار الزعرور (%) من 100 (AOAC, 1995).

الرماد:

قدر تركيز الرماد باستخدام مرمدة نوع (Muffle) صينية الصنع على درجة حرارة 550 °م وفقاً لـ (AOAC, 1995).

الدسم الكلي:

استُخدم جهاز سوكسيلت (Biobase SY- 1L4H WATER BATHS) لتقدير تركيز المواد الدسمة باستخدام الهكسان كمذيب وفقاً لـ (AOAC, 1995).

البروتينات:

قدُّر المحتوى من المواد الآزوتية بطريقة كلداهل (AOAC, 1995)، حيث تم هضم عينة موزونة مسبقاً بحمض الكبريت المركز وبوجود مساعدات الهضم لمدة 3 – 4 ساعات، ثم تحويل الآزوت الناتج من عملية الهضم

إلى أمونيا بإضافة محلول قلوي مركز NaOH، ثم استقبال الأمونيا في دورق يحتوي حمض كلور الماء ثم المعايرة بماءات الصوديوم معلوم التركيز. اعتمد معامل التحويل 6.25 لحساب نسبة البروتين (%).

الألياف:

تم تقدير المحتوى من الألياف حسب (AACC, 1983) رقم 01-10-32، حيث أضيف 50 مل حمض كبريت (1.25%) إلى 1غ من الثمار المطحونة، وبعد التسخين إلى درجة الغليان وترك العينة لمدة 15 دقيقة على هذه الدرجة أضيف 10 مل من ماءات الصوديوم تركيز 10% ثم تركت العينة بدرجة الغليان لمدة 15 دقيقة. بعد جمع الجزء غير المنحل بطريقة الترشيح تم تجفيفه ووزنه ثم ترميده لطرح النسبة المتبقية من المعادن.

الحموضة الكلية:

قُدرت الحموضة الكلية على أساس حمض الماليك بطريقة المعايرة بالقلوي (NaOH 0.1N) (AOAC, 2000). وضع 10 مل من هريس العينة في دورق مخروطي سعة 100 مل وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى الإشارة، مُزجت جيداً وأخذ من المزيج 10 مل في دورق مخروطي وأضيفت 2 – 3 نقاط من مشعر الفينول فتالئين، تمت معايرة المزيج بواسطة محلول قلوي من NaOH (0.1 ن) حتى ظهور وثبات اللون الوردي. سُجّل الحجم المستهلك من القلوي وتم حساب تركيز الحموض الكلية في 100 غ من الثمار.

درجة الـ pH:

بعد هرس كمية من لب الزعرور بشكل جيد وحلها بكمية قليلة من الماء المقطر تم تقدير درجة الـ pH باستخدام جهاز pH meter (Precisa PH-900) سويسري الصنع وفقاً لطريقة (Saini *et al*., 2000). تمت معايرة الجهاز قبل استخدامه باستخدام محاليل موقية بدرجات pH 4.0 و7.0 بدرجة حرارة الغرفة. ثم تم وضع الكترود الجهاز في العينة وأخذت القراءة مباشرة.

الكربوهيدرات الكلية:

تم تقدير المحتوى من الكربوهيدرات الكلية بطريقة الفينول – حمض الكبريت (Dubois *et al*., 1956)، حيث تم إضافة 0.1 غ من لب الزعرور إلى 5 مل من حمض كلور الماء (2.5 N)، تركت في حمام مائي بدرجة حرارة 95 °م لمدة 3 ساعات ثم أجريت عملية طرد مركزي، استبعد الراسب وأكملت الطبقة الطافية إلى 100 مل بالماء المقطر. أخذ 1 مل من هذا المستخلص وأضيف إلى 0.6 مل من الفينول (5%) ومزجت بعد إضافة 3.6 مل من حمض الكبريت. ترك المزيج مدة 30 دقيقة حتى يبرد وقيست الامتصاصية عند طول موجة 480 نانوميتر. استخدم منحني عياري تم تحضيره باستخدام تراكيز مختلفة من الغلوكوز (10 – 100 مغ/ل).

السكريات المرجعة:

قدرت السكريات المرجعة وفقاً لطريقة Lane and Eynon حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Ranganna, 1991). يعتمد مبدأ هذه الطريقة على قدرة السكريات المرجعة على إرجاع محلول فهلنغ. تؤخذ وزنة من العينة (W) غ وتطحن جيداً ويضاف لها 100 مل ماء مقطر، تتم معادلة المزيج بواسطة ماءات الصوديوم (1N) بوجود مشعر فينول فتالئين، يغلى المزيج بلطف مع التحريك لمدة ساعة، يُعوّض الماء الذي تم فقده بالتبخر، يبرد المزيج ويكمل الحجم إلى 500 مل (V1)، يرشح المزيج باستخدام ورق ترشيح Whatman، يؤخذ 100 مل من الرشاحة (V2)، يضاف 2 مل من خلات الرصاص (45%) ويترك لمدة 10 دقائق ثم تضاف عدة نقاط من محلول أوكزالات البوتاسيوم (22%) لحل الراسب المتشكل ثم يكمل الحجم إلى 250 مل (V3)، ويضاف 2 مل من محلول خلات الرصاص. يوضع 10 مل من محلول فهلنغ (5 مل A و5 مل B) في دورق 250 مل وكمية قليلة من الماء المقطر، يسخن الدورق الحاوي على مزيج فهلنغ حتى الغليان ويعاير بتنقيط رشاحة العينة من السحاحة حتى يبقى لون أزرق خفيف، يضاف حوالي 3 نقاط من مشعر أزرق الميثلين وتكمل المعايرة حتى يتغير اللون إلى أحمر قرميدي، تعتبر الكمية المستهلكة من رشاحة العينة (V4).

تحسب نسبة للسكريات المرجعة في 100 غ من العينة من العلاقة:

السكريات الرجعة % = (عامل فهلنغ x 100 x V3 x V1) / (V2 x W x V4)

حيث عامل فهلنغ = 0.05

تقدير العناصر المعدنية:

تم تقدير العناصر المعدنية (Na وK وCa) باستخدام جهاز مطياف اللهب Flame photometer إنكليزي الصنع من شركة BWB حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Banerjee and Prasad., 2020).

تقدير المركبات الفعالية حيوياً:

تقدير حمض الأسكوربيك:

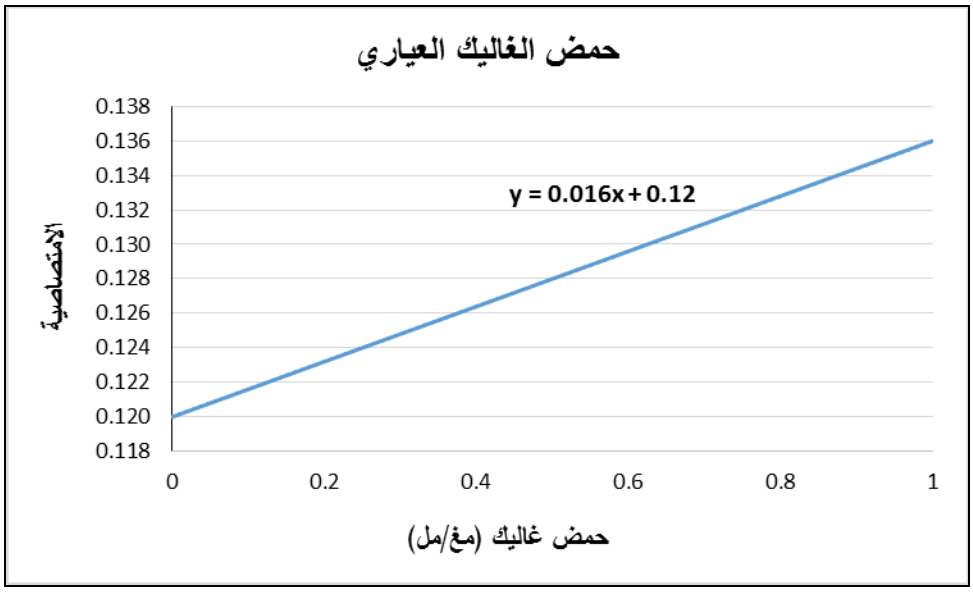
تم تقدير محتوى ثمار الزعرور من حمض الأسكوربيك بالطريقة الحجمية المعتمدة من قبل (Sadasivam and Manicam, 2008). حيث وضع 5 مل من حمض الأسكوربيك القياسي (100 ميكروغرام/100مل) في دورق مخروطي يحتوي 10 مل من حمض الأوكزاليك وتمت معايرة المزيج بصبغة 2,6-dichloroindophenol، اعتبر ظهور وثبات اللون الوردي دليلاً على انتهاء المعايرة، كمية الصبغة المستهلكة (V1 مل) تعادل كمية حمض الأسكوربيك. وضع 5 مل من العينة (حضرت بأخذ 5 غ من هريس الثمار في 100 مل من حمض الأوكزاليك (4%)) في دورق مخروطي يحتوي 10 مل حمض أوكزاليك (4%) وعويرت بالصبغة السابقة وكان الاستهلاك منها (V2 مل). حسبت كمية حمض الأسكوربيك في 100 غ من العينة من العلاقة التالية:

حمض الأسكوربيك (مغ/100غ) = (0.5 مغ/V1 مل) x (V2 مل/15 مل) x (100 مل/وزن العينة غ) x 100

الفينولات الكلية:

تم الحصول على المستخلص الفينولي حسب (Perez-Jimenez *et al*., 2008) مع إجراء بعض التعديلات. حيث مزج 1غ من لب الفاكهة مع 50 مل من مزيج ميثانول – ماء (1:1 ح/ح) لمدة ساعة، تم فصل الطبقة الطافية وحفظها. مزجت الطبقة الصلبة لمدة ساعة مع مزيج أسيتون – ماء (3:7 ح/ح) بدرجة حرارة الغرفة، تم تثفيل المزيج

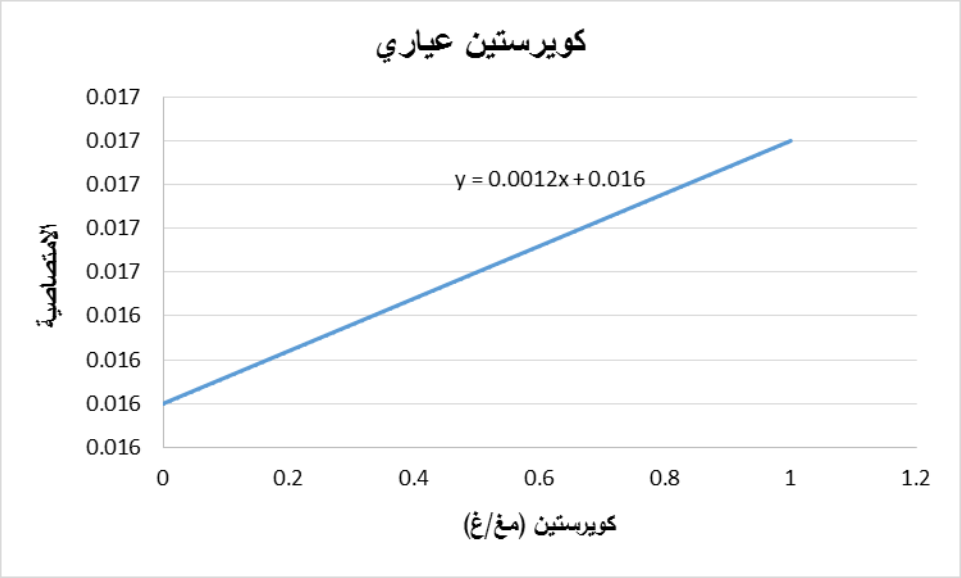
لمدة 15 دقيقة بسرعة 5000 دورة في الدقيقة. بعد التخلص من الجزء الصلب مُزجت الطبقة الطافية مع الطبقة الطافية التي تم الحصول عليها في المرحلة السابقة، رُكّز المزيج باستخدام المبخر الدوراني لتجفيف العينة. تم حل المستخلص المجفف في 10 مل ميثانول وحفظ بدرجة حرارة −20 °م. قدرت الفينولات الكلية بطريقة المطيافية اللونية باستخدام كاشف فولن Folin-Ciocalteu's phenol reagent حسب (Singleton *et al.*, 1999). تم أخذ 50 ميكروليتر من المستخلص الأسيتوني ومزجت مع 0.25 مل من كاشف فولن و1 مل من محلول كربونات الصوديوم (20% و/ح) وأكمل الحجم إلى 10 مل بالماء المقطر. تُرك المزيج بدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين، وقيست الامتصاصية عند طول موجة 760 نانوميتر باستخدام المطياف الضوئي Optizim 3000 plus (فرنسا)، استخدم الكاشف كعينة شاهد. تم التعبير عن النتائج كـ مغ من مكافئ حمض الغاليك لكل غرام من الوزن الطازج للثمار (mg GAE/g fresh weight) من خلال منحني عياري تم تحضيره باستخدام تراكيز متسلسلة (10 – 100 مغ حمض غاليك/مل).



الشكل (7): منحني عياري لحمض الغاليك (مغ/مل).

تقدير الفلافونويدات الكلية:

قُدرت الفلافونويدات الكلية حسب طريقة (Ordonez *et al.*, 2006)، حيث مزج 1 مل من المستخلص الميثانولي مع 1 مل من كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ (2%). بعد 10 دقائق من التحضين، قيست الامتصاصية عند طول موجة 430 نانوميتر. اعتمد المنحني العياري المحضر باستخدام تراكيز معلومة من الكويرستين لتقدير كمية الفلافونويدات. تم التعبير عن المحتوى من الفلافونويدات الكلية كـ مغ مكافئ الكويرستين/100 غ وزن طازج.



الشكل (8): منحني عياري للكويرستين (مغ/مل).

تقدير النشاط المضاد للأكسدة:

تم تقدير النشاط المضاد للأكسدة في مستخلص ثمار الزعرور على أساس التأثير الكابح لمركب DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) على الجذور الحرة، حيث تعمل المادة المضادة للأكسدة على إرجاع جذر DPPH وإزالة لونه البنفسجي ليصبح لونه أصفر، وبالتالي يمكن تقدير القدرة الإرجاعية لمضاد الأكسدة من خلال قياس انخفاض الامتصاصية بطرق المطيافية الضوئية كما هو موصوف من قبل (Sanchez-Moreno *et al.*, 1998). نُفذت الطريقة بمزج 3.9 مل من محلول الـ DPPH في الميثانول (0.025 غ/ل) مع 0.1 مل من مستخلص

ثمار الزعرور، تُرك المزيج في الظلام ثم تمت قراءة الامتصاصية عند طول موجة 515 نانوميتر، واستخدم الميتانول 80% كشاهد. تم حساب الكمية المتبقية من DPPH (%) من خلال العلاقة:

$$\text{النسبة المئوية لكبح الجذور الحرة\%} = (A_s - A_0) / 100 \times A_0$$

حيث: A_0 امتصاصية الشاهد – A_s امتصاصية العينة

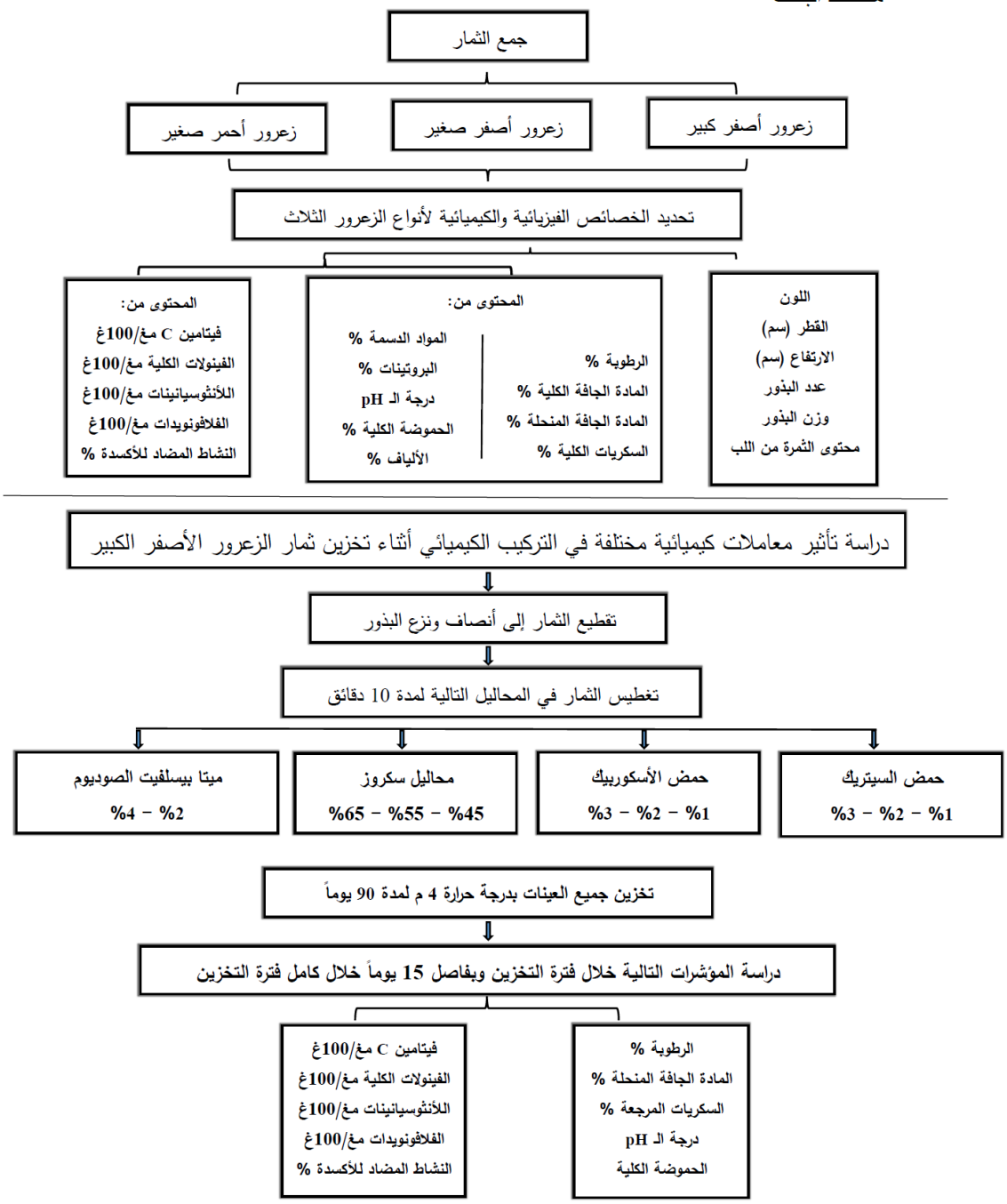
تقدير الأنثوسيانينات:

تم تقدير الأنثوسيانينات وفقاً لطريقة (Stintzing *et al*., 2002)، حيث استخدم مزيج ميثانول وحمض HCl (1%) بنسبة (15:85)، ثم قيست الامتصاصية عند طول موجة 516 نانوميتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Optizim 3000 plus)، تم حساب تركيز الأنثوسيانينات على أساس سيانيدين −3− غليكوزيد (وزنه الجزيئي 448.8) من المعادلة:

$$A = a_{m516} * b * C$$

حيث تشير A إلى الامتصاصية المقروءة، a_m معامل الامتصاص الجزيئي لمركب سيانيدين −3− غليكوزيد، b سماكة الخلية (1 سم)، وتشير C إلى التركيز (مغ/100غ).

مخطط البحث



الشكل (9): مخطط بياني يوضح مراحل وخطوت العمل.

التحليل الاحصائي:

تم حساب المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري باستخدام النموذج الخطي العام General Linear Model، كما اعتمد البرنامج الإحصائي Minitab 14 لإيجاد الفروق المعنوية بين المتوسطات باستخدام اختبار ANOVA عند مستوى معنوية $p<0.05$ بواقع ثلاثة مكررات لكل تجربة.

النتائج والمناقشة

الخصائص الفيزيائية لثمار الزعرور

يوضح الجدول (1) نتائج دراسة الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع من ثمار الزعرور (أصفر كبير، أصفر صغير، أحمر صغير). اختلفت أوزان الثمار معنوياً بين الأنواع الثلاثة للثمار الكاملة حيث سجلت ثمار الزعرور الصفراء الكبيرة الوزن الأعلى (13.93غ)، تليها ثمار الزعرور الصفراء الصغيرة (1.87 غ) ثم ثمار الزعرور الحمراء الصغيرة (1.38غ). نظراً لانخفاض وزن البذور بالنسبة إلى وزن كامل الثمرة في ثمار الزعرور الصفراء الكبيرة فقد كانت نسبة اللب إلى البذور في هذه الثمار أعلى معنوياً (6.57%) مقارنة مع نسبة اللب إلى البذور في كل من ثمار الزعرور الأصفر الصغير والأحمر الصغير (3.34% و1.91%) على الترتيب، وبالتالي فإن مردود ثمار الزعرور الأصفر الكبير من اللب (86.8%) كانت الأعلى معنوياً بين أنواع ثمار الزعرور المدروسة وكان مردود اللب من ثمار الزعرور الأحمر الصغير (67.39%) هو الأقل بين جميع هذه الأنواع. بينت نتائج البحث أن نسبة اللب إلى البذور لجميع أنواع ثمار الزعرور المدروسة في هذا البحث كانت أعلى من متوسط نفس النسبة لنفس الأنواع من ثمار الزعرور النامية في تركيا والتي كانت في المجال 1.32 و1.55 حسب (Mironeasa *et al*., 2016). أيضاً كانت ثمار الزعرور الأحمر الأصغر حجماً بشكل معنوي (من ناحية القطر والارتفاع) (12.01 مم و12.44 مم) على الترتيب مقارنة بباقي أنواع ثمار الزعرور المدروسة، أما ثمار الزعرور الأصفر الكبير فقد تفوقت في حجمها على باقي الأنواع حيث بلغ قطرها وارتفاعها (29.89 مم و24.75 مم) على الترتيب، في حين توسط حجم ثمار الزعرور الأصفر الصغير (القطر والارتفاع) نوعي الزعرور الآخرين (15.30 مم و13.68 مم) على الترتيب. توافقت الأوزان الكاملة لنوعي الزعرور الأصفر الصغير والأحمر الصغير مع ما ذكره Baytop (1996) بأن وزن الثمار الكاملة لعدة أنواع من الزعرور تراوحت في المجال (0.81 – 2.14 غ). كما توافقت أوزان وأبعاد ثمار الزعرور الأصفر

الكبير مع أوزان وأبعاد ثمار نفس النوع من الزعرور *C. pubescens* النامية في المكسيك ذات اللون الأصفر، وتراوح قطرها بين 2.1 إلى 3.2 سم، ووزنها بين 9 و16 غ (González-Jiménez *et al*., 2018). بينما لم تتوافق الخصائص الشكلية لأي من أنواع الزعرور المدروسة مع ما أشار اليه (Guo and Jiao, 1995) عند دراسته للخصائص الفيزيائية لعدة أنواع من الزعرور الصيني والتي كان ارتفاع ثمارها في المجال 1.50 – 2.90 مم، وقطرها في المجال (1.60 – 3.60 مم)

تقاربت الخصائص الفيزيائية والشكلية لأنواع الزعرور الأصفر الصغير والأحمر الصغير المدروسة في هذا البحث مع النتائج التي سجلها Gundogdu وآخرون، (2013) والتي حدد فيها بعض الخصائص الفيزيائية (الوزن الكامل للثمرة، وزن البذور، ارتفاع الثمرة، قطر الثمرة) لنفس الأنواع من ثمار الزعرور النامية في تركيا (2.93غ، 0.54 غ، 14.75 مم، 14.80 مم) و(1.35 غ، 0.29 غ، 13.12 غ، 12.55) على الترتيب. يعزى اختلاف الخصائص الفيزيائية لأنواع الزعرور النامية في منطقتنا مقارنةً بنفس النوع من الثمار النامية في مناطق أخرى إلى اختلاف الظروف المناخية والبيئية ونوعية التربة.

الجدول (١): الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع من ثمار الزعرور.

المؤشر	نوع الزعرور		
	أصفر كبير *C. pubescens*	أصفر صغير *C. monogyna*	أحمر صغير *C. azarolus*
عدد البذور	4	2	1
الوزن الكامل (غ)	13.93 ± 0.36^{a}	1.87 ± 0.19^{b}	1.38 ± 0.21^{c}
وزن البذور (غ)	1.84 ± 0.24^{a}	0.43 ± 0.11^{b}	0.45 ± 0.17^{b}
وزن اللب (غ)	12.09 ± 1.81^{a}	1.44 ± 0.37^{b}	0.93 ± 0.15^{c}
نسبة اللب إلى البذور %	6.57 ± 0.95^{a}	3.34 ± 0.41^{b}	1.91 ± 0.09^{c}
المردود من اللب (%)	86.80 ± 2.86^{a}	77.00 ± 2.41^{b}	67.39 ± 3.01^{c}
ارتفاع الثمرة (مم)	24.75 ± 1.88^{a}	13.68 ± 1.09^{b}	12.44 ± 1.42^{c}
قطر الثمرة (مم)	29.89 ± 2.31^{a}	15.3 ± 2.55^{b}	12.01 ± 1.97^{c}

تشير الأحرف المختلفة في السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$

التركيب الكيميائي لثمار الزعرور

بينت نتائج تقدير التركيب الكيميائي لأنواع الزعرور الثلاثة المدروسة (أصفر كبير، وأصفر صغير، وأحمر صغير) وجود فروق معنوية في محتواها من الرطوبة (الجدول ٢)، حيث سُجّل أعلى محتوى من الرطوبة في نوع الزعرور الأحمر الصغير (75.28%) مقارنة بالأصناف المدروسة الأخرى، بينما كان أقل محتوى من الرطوبة في الزعرور الأصفر الكبير (72.05%)، أما رطوبة الزعرور الأصفر الصغير فكانت (73.13%)، كانت رطوبة ثمار الزعرور للأنواع الثلاثة المدروسة أعلى مما سجله Mironeasa وآخرون (2016) لعدة أنواع من الزعرور والتي كانت

وسطياً 69.14%، أيضاً كانت أعلى من محتوى الرطوبة في بعض أنواع الزعرور النامي في تركيا وإيران (64.26، 56.88%) على الترتيب وفقاً لنتائج (Erfani-Moghadam *et al*., 2016; Ozcan *et al*., 2005).

تميز الزعرور الأصفر الكبير بارتفاع محتواه من المواد الصلبة الذائبة مقارنة مع باقي أنواع الزعرور المدروسة، حيث بلغت للزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير والأحمر الصغير (18.15، 17.09، 16.74%) على الترتيب، وبينت النتائج أن الحموضة الكلية للزعرور الأصفر الصغير كانت الأعلى بين باقي الأنواع (1.59%) بينما لم تُسجّل فروق معنوية بين الحموضة الكلية للزعرور الأصفر الكبير والزعرور الأحمر الصغير (1.17، 1.16%) على الترتيب. لم يلاحظ وجود فروق معنوية في محتوى نوعي الزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير من البروتين (4.37، 4.18%) على الترتيب، توافقت نتائج محتوى ثمار الزعرور للأنواع الثلاثة من الحموضة الكلية والمواد الصلبة الذوابة مع ما توصل إليه Gundogdu وآخرون، (2013) لعدة أنواع من الزعرور، حيث تراوحت نسبة الحموضة الكلية فيها ضمن المجال 0.22 – 2.4%، ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ضمن المجال 2.35 – 20%، بينما لم تتوافق نتائج محتوى الحموضة الكلية لجميع أنواع الزعرور المدروسة مع نتائج كل من Mironeasa وآخرون (2016) و Turkoglu وآخرون (2005) و Erfani-Moghadam وآخرون (2016) حيث كان تركيز الحموض الكلية في بعض أنواع الزعرور حوالي 0.46%، وكان محتوى المواد الصلبة الذوابة للأنواع الثلاثة المدروسة أقل مما ذكره Mironeasa وآخرون (2016) والذي بلغ في عدة أنواع من الزعرور حوالي 22.19%. يبين الجدول (2) أيضاً قيم درجات الـ pH للأنواع الثلاثة من الزعرور والتي كانت (3.40، 3.32، 3.50) للزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير والأحمر الصغير على الترتيب، توافقت النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث مع Balta وآخرون (2006) و Ozcan وآخرون (2005) و Turkoglu وآخرون (2005) حيث أشاروا إلى أن قيم المواد الصلبة الذوابة الكلية ودرجات الـ pH لعدة أنواع من الزعرور تراوحت بين (11.66 – 24.00%) و (3.12 – 4.09) على الترتيب.

أظهرت النتائج أن محتوى الزعرور الأحمر الصغير من الألياف الكلية (8.16%) كان الأقل معنوياً مقارنة بالأنواع الأخرى المدروسة، بينما كانت نسبة الألياف الكلية في الزعرور الأصفر الكبير هي الأعلى معنوياً (9.54%)، أما للزعرور الأصفر الصغير كانت (8.97%). تشير نتائج التركيب الكيميائي لأنواع الزعرور الثلاث المدروسة إلى أن محتواها من المادة الدسمة منخفض وسُجلت فروق معنوية بين محتوى ثمار الزعرور الأصفر الصغير والأحمر الصغير من المادة الدسمة (0.53، 0.35%) على الترتيب، بينما كان محتوى ثمار الزعرور الأصفر الكبير من المادة الدسمة الأعلى معنوياً بين باقي الأنواع (0.92%). أما محتوى ثمار الزعرور من الرماد للأنواع الثلاث فقد كان مرتفعاً نسبياً، حيث سجُلت أعلى قيمة للزعرور الأصفر الكبير (2.82%) وأقل قيمة للزعرور الأحمر الصغير (1.68%)، توافقت هذه النتائج مع نتائج Mironeasa وآخرون (2016) الذين وجدوا أن متوسط محتوى عدة أنواع من ثمار الزعرور من الدسم والرماد كانت 0.80 و1.75% على الترتيب، ولم تتوافق نتائج محتوى الرماد في الأنواع الثلاث من الزعرور مع نتائج Ozcan وآخرون (2005) حيث وجدوا أن نسبة الرماد لأنواع من الزعرور النامية في تركيا بلغت 2.28% للوزن الطازج. احتوت أنواع الزعرور الثلاث على كربوهيدرات كلية في المجال (9.13 – 10.19%) حيث كان أعلى نسبة منها في الزعرور الأحمر الصغير وأقل نسبة منها في الزعرور الأصفر الكبير، كانت هذه النتائج أقل مما توصل إليه (Mironeasa *et al*., 2016) لعدة أنواع من ثمار الزعرور والتي كان متوسط محتواها من الكربوهيدرات الكلية 24.81%. قد تعود الاختلافات بين التركيب الكيميائي لأنواع الزعرور المدروسة في هذا البحث ونتائج التركيب الكيميائي لأنواع من الزعرور النامية في مناطق أخرى إلى اختلاف العوامل الوراثية ودرجة النضج وتركيب التربة والظروف المناخية والظروف البيئية الأخرى (Gundogdu *et al*., 2014).

الجدول (2): التركيب الكيميائي لثلاثة أنواع من الزعرور.

المؤشر الكيميائي (%)	نوع الزعرور		
	أصفر كبير *C. pubescens*	أصفر صغير *C. monogyna*	أحمر صغير *C. azarolus*
رطوبة	72.05 ± 4.88^{a}	73.13 ± 5.31^{b}	75.28 ± 7.51^{c}
جوامد كلية	27.95 ± 2.97^{a}	26.87 ± 3.17^{b}	24.72 ± 4.56^{c}
مواد صلبة ذوابة	18.15 ± 2.14^{a}	17.09 ± 3.09^{b}	16.74 ± 2.08^{b}
دسم	0.92 ± 0.11^{a}	0.53 ± 0.16^{b}	0.35 ± 0.09^{c}
بروتين	4.37 ± 2.07^{a}	4.18 ± 1.35^{a}	3.18 ± 1.74^{b}
رماد	2.82 ± 0.94^{a}	1.86 ± 0.44^{b}	1.68 ± 0.21^{c}
ألياف	9.54 ± 2.63^{a}	8.97 ± 3.02^{b}	8.16 ± 1.64^{c}
كربوهيدرات كلية	9.13 ± 2.18^{a}	9.74 ± 1.77^{b}	10.19 ± 1.08^{c}
حموضة (حمض ماليك)	1.17 ± 0.28^{a}	1.59 ± 0.62^{b}	1.16 ± 0.08^{a}
pH	3.40 ± 0.41^{a}	3.32 ± 0.18^{a}	3.50 ± 0.31^{a}

تشير الأحرف المختلفة في السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$

المحتوى من العناصر المعدنية

يوضح الجدول (3) محتوى ثمار الزعرور من العناصر المعدنية على أساس الوزن الطازج، حيث بينت النتائج أن الأنواع الثلاثة من الزعرور غنية بعناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم. لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين محتوى ثمار الزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير من عنصر الصوديوم (310، 289 ppm) على الترتيب، بينما تفوق الزعرور الأصفر الصغير في محتواه من عنصر البوتاسيوم على باقي الأنواع (537 ppm)، وكان الزعرور الأحمر الصغير الأقل محتوى من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم (252، 341، 294 ppm) على

الترتيب مقارنة بأنواع الزعرور الأخرى. أيضاً تفوقت ثمار الزعرور الأصفر الكبير معنوياً من حيث محتواها من الكالسيوم على الزعرور الأصفر الصغير (466، 411 ppm) على الترتيب. تتوافق نتائج محتوى ثمار الزعرور المدروسة من العناصر المعدنية (Na، Ca) مع ما أكده Margaret and Vickery (1997) بأن العناصر المعدنية Ca وNa هما من العناصر السائدة الموجودة في لب ثمار الزعرور. كما تتوافق مع نتائج Mironeasa وآخرون (2016) الذين بينوا أن تراكيز عناصر الصوديوم والكالسيوم في بعض أنواع ثمار الزعرور كانت 264.04 و580.43 ppm على الترتيب، حيث أشاروا إلى أن ثمار الزعرور تشكل مصدراً غنياً بالعناصر المعدنية الصغرى والكبرى التي تسرّع عمليات الاستقلاب في الجسم. يتأثر محتوى ثمار الزعرور من العناصر المعدنية بعدة عوامل مثل الصنف وظروف النمو وظروف التخزين والظروف المناخية (Mironeasa *et al.*, 2016).

الجدول (3): محتوى أنواع الزعرور من العناصر المعدنية (Na، K، Ca).

العنصر المعدني ppm	نوع الزعرور		
	أصفر كبير *C. pubescens*	أصفر صغير *C. monogyna*	أحمر صغير *C. azarolus*
Na	310 ± 23.11[a]	289 ± 18.07[a]	252 ± 29.73[b]
K	426 ± 44.35[a]	537 ± 48.93[b]	341 ± 41.24[c]
Ca	466 ± 36.33[a]	411 ± 52.07[b]	294 ± 27.89[b]
الناقلية الكهربائية µs	488 ± 62.76[a]	243 ± 31.01[b]	691 ± 74.81[c]

تشير الأحرف المختلفة في السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$

تحديد مؤشرات اللون لأنواع الزعرور

يعد اللون والمظهر من العوامل الأساسية التي تحدد جودة الثمار وتجعلها مرغوبة للمستهلك (AL-Hooti and Sidhu, 1997). يعزى اللون الأحمر لثمار الزعرور إلى غناه بالأنثوسيانينات وهي من المركبات الكيميائية التي تؤثر في اللون الأحمر لثمار الزعرور، إضافة إلى أن كل من التركيب الكيميائي للثمار ونوعها يؤثر في لون هذه الثمار (Heber and Bowerman, 2001). تشير نتائج مؤشرات اللون (الجدول 4) إلى عدم وجود فروق معنوية في

قيم المؤشر *L (مؤشر السطوع) بين نوعي الزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير، وكانت قيمة هذا المؤشر بالنسبة لثمار الزعرور الأحمر الصغير الأقل من باقي أنواع الزعرور، وهذا يدل على أن أنواع الزعرور الأصفر الكبيرة والصغيرة أكثر بياضاً من الزعرور الأحمر. بينما تظهر النتائج ارتفاع قيمة المؤشر *a (مؤشر الاحمرار) للزعرور الأحمر معنوياً مقارنة بنوعي الزعرور الآخرين. بينما كانت قيم مؤشر الاصفرار *b لنوعي الزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير أعلى من قيمة المؤشر *b للزعرور الأحمر. توافقت هذه النتائج مع (Mironeasa *et al.*, 2016) لبعض أنواع الزعرور.

الجدول (4): قيم مؤشرات اللون لأنواع الزعرور الثلاثة.

المؤشر	نوع الزعرور		
	أصفر كبير *C. pubescens*	أصفر صغير *C. monogyna*	أحمر صغير *C. azarolus*
المؤشر L*	73.66 ± 11.35^{a}	73.35 ± 16.14^{a}	32.38 ± 9.86^{b}
المؤشر a*	12.67 ± 6.92^{a}	13.15 ± 9.08^{a}	44.74 ± 10.87^{b}
المؤشر b*	54.76 ± 7.92^{a}	51.69 ± 9.51^{a}	23.24 ± 5.69^{b}

تشير الأحرف المختلفة في السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

المركبات الفعالة حيوياً والنشاط المضاد للأكسدة

يوضح الجدول (5) محتوى أنواع الزعرور الثلاثة من فيتامين C والفينولات الكلية والفلافونويدات والأنثوسيانينات (على أساس الوزن الطازج)، بينت النتائج تفوق ثمار الزعرور الأصفر الكبير على باقي أنواع الزعرور في محتواها من فيتامين C (14.81 مغ حمض أسكوربيك/100 غ)، بينما سُجل أقل محتوى من فيتامين C في ثمار الزعرور الأصفر الصغير (8.71 مغ حمض أسكوربيك/100 غ). كانت قيم فيتامين C في أنواع الزعرور الأصفر الكبير والأحمر الصغير أعلى مما وجده Gundogdu وآخرون، (2014) لـ 11 نوعاً من الزعرور والتي تراوح محتواها من فيتامين C في المجال (1.56 – 9.42 مغ/100 غ وزن طازج)، بينما كانت أقل مما توصل إليه

Garcia-Mateos وآخرون (2013) الذين بيّنوا أن محتوى فيتامين C في 20 نوعاً من الزعرور تراوح بين 27.51 – 84.15 مغ حمض أسكوربيك/100 غ وزن طازج. تفوقت ثمار الزعرور الأصفر الصغير معنوياً في محتواها من الفلافونويدات (36.00 مغ مكافئ كويرستين/100 غ) على باقي أنواع الزعرور المدروسة، تليها ثمار الزعرور الأحمر الصغير (14.25 مغ مكافئ كويرستين/100 غ)، في حين كان محتوى ثمار الزعرور الأصفر الكبير من الفلافونويدات الأقل معنوياً (7.35 مغ مكافئ كويرستين/100 غ). توافقت نتائج هذا البحث من حيث محتوى الزعرور من الفلافونويدات مع محتوى الفلافونويدات في عدة أنواع من ثمار الزعرور والتي تراوحت بين 5 – 35 مغ مكافئ كويرستين/100 غ وزن طازج (Garcia-Mateos *et al*., 2013).

أيضاً يوضح الجدول (5) محتوى أنواع الزعرور الثلاث من الفينولات الكلية على أساس الوزن الطازج حيث تفوق الزعرور الأحمر الصغير معنوياً على باقي الأنواع (90 مغ حمض غاليك / 100 غ) بينما كان الزعرور الأصفر الكبير الأقل محتوى من الفينولات الكلية (13.23 مغ حمض غاليك /100 غ)، أما محتوى الزعرور الأصفر الصغير من الفينولات الكلية كان وسطياً بين الأنواع الأخرى من الزعرور (44.11 مغ حمض غاليك/ 100 غ). توافقت نتائج محتوى الفينولات الكلية في أنواع ثمار الزعرور الثلاث مع نتائج (Edward *et al*., 2012) الذين أشاروا إلى أن محتوى الفينولات الكلية في عدة أنواع من الزعرور تراوحت في المجال (1.84 – 248.18 مغ مكافئ حمض غاليك /غ وزن طازج). ذكر Liu وآخرون (2010) أن محتوى الزعرور الصيني *C. pinnatifida* من الفينولات الكلية كان 96.9 مغ مكافئ حمض الغاليك/غ وزن طازج، وهذا يتقارب مع محتوى الزعرور الأحمر الصغير من الفينولات الكلية، لكنه أعلى من محتوى ثمار الزعرور الأصفر الكبير والأصفر الصغير من هذه الفينولات. أيضاً توافقت نتائج محتوى ثمار الزعرور الأحمر الصغير مع ما وجده Garcia-Mateos وآخرون (2013) حيث كان تركيز الفينولات في عدة أنواع من الزعرور في المجال 52 – 558 مغ مكافئ حمض غاليك /100 غ وزن طازج، في حين كان محتوى ثمار الزعرور الأصفر الكبير والصغير أقل منها في محتواها من الفينولات الكلية.

بلغ النشاط المضاد للأكسدة لأنواع الزعرور الثلاثة (أحمر صغير وأصفر صغير وأصفر كبير) (88.63%، 75.41%، 55.88%) على الترتيب. يلاحظ وجود علاقة بين حجم ثمار الزعرور ونشاطها المضاد للأكسدة من جهة، وبين محتوى ثمار الزعرور ومحتواها من الفينولات الكلية من جهة أخرى. فكلما انخفض حجم الثمار وازداد محتواها من مضادات الأكسدة ازداد نشاطها المضاد للأكسدة. تتوافق هذه الاستنتاجات مع ما أورده Polat وآخرون (2010) حيث أثبتوا أنه ضمن نفس النوع من الفاكهة تميل الثمار الصغيرة لامتلاك كميات أعلى من الفينولات وقدرة مضادة للأكسدة أعلى، ويعزى ذلك إلى تركّز المركبات ذات الفعالية الحيوية المرتفعة بكميات كبيرة في منطقة القشرة، والثمار الصغيرة لها مساحة سطح أعلى نسبياً مقارنة مع الثمار الكبيرة. بينما لم يتوافق ذلك مع ما ذكره Usenik وآخرون (2007) بأن النشاط المضاد للأكسدة في بعض الثمار لا يرتبط بمحتواها من الفينولات.

كانت القدرة المضادة للأكسدة في جميع أنواع الزعرور المدروسة أعلى مما سجله Keser وآخرون (2014) في دراسته على عدة أنواع من الزعرور حيث تراوحت القدرة المضادة للأكسدة في مستخلصات هذه الأنواع في المجال 27.63–33.24%. أيضاً أبدت جميع أنواع الزعرور المدروسة قدرة مضادة للأكسدة أعلى مما توصل اليه Çalişkan وآخرون (2012) لعدة أنواع من الزعرور والتي كانت وسطياً27.1 %. يشير اللون الأحمر لثمار الزعرور الأحمر الصغير إلى احتوائه على الأنثوسيانينات، وهذا ما أكدته النتائج الواردة في الجدول (5)، حيث تفوقت ثمار الزعرور الأحمر الصغير معنوياً في محتواها من الأنثوسيانينات (8.37 مغ /100 غ وزن طازج) على باقي أنواع الزعرور المدروسة (الأصفر الكبير والأصفر الصغير) والتي كان محتواها من الأنثوسيانينات قليل جداً (0.23، 0.12 مغ/ 100غ وزن طازج). بشكل عام توافقت نتائج محتوى ثمار الزعرور للأنواع الثلاث المذكور مع ما أوضحه Özyürek (وآخرون 2012) بأن أنواعاً عديدة من الزعرور المنتشرة في تركيا تحتوي تراكيزاً مرتفعة من مضادات الأكسدة نتيجة لاحتوائها على مركبات فينولية مثل الفلافونويدات والبروسيانيدينات.

الجدول (5): محتوى أنواع الزعرور من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة.

المركبات الفعالة حيوياً (بالنسبة للوزن الطازج)	نوع الزعرور		
	أصفر كبير *C. pubescens*	أصفر صغير *C. monogyna*	أحمر صغير *C. azarolus*
فيتامين C (mg/100g)	14.81 ± 2.42^{a}	8.71 ± 1.31^{b}	10.89 ± 1.76^{c}
فينولات كلية (mg/100g)	13.23 ± 1.51^{a}	44.11 ± 3.07^{b}	90 ± 4.81^{c}
فلافونويدات (mg/100g)	7.35 ± 0.88^{a}	36 ± 3.03^{b}	14.25 ± 2.12^{c}
أنثوسيانينات (mg/100g)	0.23 ± 0.04^{a}	0.12 ± 0.05^{a}	8.37 ± 0.95^{b}
نشاط مضاد للأكسدة (%)	55.88 ± 3.86^{a}	75.41 ± 5.05^{b}	88.63 ± 8.16^{c}

تشير الأحرف المختلفة في السطر الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$

تأثير المعاملات الكيميائية المختلفة في خصائص ثمار الزعرور أثناء التخزين

بعد تقطيع ثمار الزعرور الأصفر الكبير الى أنصاف ونزع البذور منها تم تغطيسها في محاليل كيميائية بتراكيز مختلفة (حمض سيتريك، حمض أسكوربيك، سكروز، ميتا بيسلفيت الصوديوم) لمدة 10 دقائق ثم تخزينها بالتبريد بدرجة حرارة 4 °م لمدة 90 يوماً.

تغير التركيب الكيميائي للثمار غير المعاملة أثناء حفظها بالتبريد (4 °م)

يوضح الجدول (6) التغيرات التي طرأت على التركيب الكيميائي لأنصاف ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد بدرجة حرارة (4 °م) بدون أي معاملة كيميائية، حيث ازدادت الحموضة الكلية للثمار بشكل معنوي من 1.17% في بداية التخزين وحتى 1.27% في نهاية فترة التخزين، ويلاحظ أن نسبة الحموضة الكلية بعد أسبوعين من التخزين لم

تتغير معنوياً وكانت 1.19% فقط، بينما ارتفعت بعد ثمانية أسابيع من التخزين الى 1.24%، ترافقت زيادة الحموضة هذه مع انخفاض في درجة الـ pH التي وصلت في نهاية فترة التخزين إلى 3.10، وإلى 3.36 بعد أسبوعين من التخزين وإلى 3.19 بعد ثمانية أسابيع من التخزين. ترتبط الحموضة القابلة للمعايرة ودرجة الـ pH ببعضهما، فانخفاض درجة الـ pH يعني ارتفاع الحموضة خلال التخزين. تتأثر نكهة الفاكهة بكل من درجة الـ pH وحموضة الثمار، ولكل فاكهة مجال محدد من درجات الـ pH والحموضة يتقبلها المستهلك عندها. وجد (Nisar *et al*., 2015) زيادة في الحموضة وانخفاض متزامن لدرجة الـ pH عند تخزينه عينات من لب التفاح غير المعاملة كيميائياً لمدة 90 يوماً في الظروف الطبيعية. بينما سُجلّت زيادة غير معنوية في الحموضة القابلة للمعايرة من قبل (Durrani *et al*.,, 2010) عند تخزينه للب التفاح في الظروف الطبيعية، وكذلك توافقت نتائجنا مع نتائج (Akhtar *et al*., 2010) عند تخزينه لب ثمار المانغا ومع نتائج (Zewter *et al*, 2012). تعزى زيادة حموضة الفاكهة الى انتاج عدد من الأحماض خلال تفكك السكريات العديدة والمواد البكتينية وحمض اليورونيك (Durrani *et al*., 2010; Yadav *et al*., 2013).

توافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Tiwari *et al*., 2010) الذي عزى ازدياد الحموضة الكلية وانخفاض درجة الـ pH أثناء تخزين الفاكهة الى الزيادة في الأحماض نتيجة تشكل أحماض عضوية من خلال تفكك بعض الأحماض وخاصة حمض الأسكوربيك.

تعد المواد الصلبة الذوابة الكلية TSS من العوامل المهمة المؤثرة في طعم الفاكهة وقيمتها الغذائية. يتأثر محتوى الفاكهة من المواد الصلبة الذوابة الكلية أثناء التخزين بالتغيرات التي تحدث للسكريات والمركبات الآزوتية والمواد البكتينية والأملاح المعدنية الموجودة في الفاكهة (Alwan and Hassan, 2020). يبين الجدول (6) أن نسبة المواد الصلبة الذوابة ازدادت معنوياً أثناء التخزين حتى وصلت الى 20.21% بنهاية فترة التخزين، وكانت الزيادة معنوية بعد أسبوعين فقط من التخزين (18.27%)، كما ازدادت نسبة السكريات المرجعة بشكل معنوي بعد أربعة

أسابيع من التخزين (9.21%) ووصلت الى 10.50% بنهاية فترة التخزين. توافقت هذه النتائج مع (Hakim et al., 2013) الذي بيّن ازدياد محتوى السكريات المرجعة مع تقدم النضج وزمن التخزين نتيجة لتفكك النشويات الى غلوكوز بفعل أنزيمات الأميلاز. أيضاً ذكر (Ewaidah, 1992) أن السكريات المرجعة ازدادت نتيجة حلمهة السكروز الموجود في لب الفاكهة.

الجدول (6): تغير المؤشرات الكيميائية للثمار المبردة بدون أي معاملة خلال فترة التخزين.

المعاملة		المؤشرات الكيميائية المدروسة					
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	الحموضة (%)	pH	السكريات المرجعة (%)	الرطوبة (%)	المواد الصلبة الذوابة الكلية (%)
تبريد فقط	0	1.17 ± 0.02[a]	3.40 ± 0.05[a]	9.13 ± 0.21[a]	72.05 ± 2.15[a]	18.15 ± 0.22[a]
	2	1.19 ± 0.05[a,b]	3.36 ± 0.11[a]	9.16 ± 0.10[a]	71.98 ± 4.20[b]	18.27 ± 0.32[b]
	4	1.20 ± 0.01[a,b]	3.31 ± 0.10b	9.21 ± 0.22[b]	71.47 ± 1.85[c]	18.66 ± 0.12[c]
	6	1.21 ± 0.04[b,c]	3.23 ± 0.08[c]	9.37 ± 0.10[c]	70.84 ± 2.41[d]	18.95 ± 0.25[d]
	8	1.24 ± 0.05[c,d]	3.19 ± 0.12[c]	9.65 ± 0.05[d]	70.09 ± 1.55[e]	19.41 ± 0.33[e]
	10	1.26 ± 0.01[d]	3.13 ± 0.02[d]	10.21 ± 0.16[e]	69.51 ± 2.10[f]	19.83 ± 0.10[f]
	12	1.27 ± 0.02[d]	3.10 ± 0.15[d]	10.50 ± 0.15[f]	69.30 ± 3.21[f]	20.21 ± 0.41[g]

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$

يتبين من الجدول (7) حدوث انخفاض معنوي في محتوى الثمار من فيتامين C أثناء التخزين حيث انخفضت إلى 11.30 مغ/100 غ بنهاية فترة التخزين وإلى 14.56 مغ/100 غ بعد أسبوعين من التخزين. توافقت هذه النتائج مع (Mandal and Nath, 2013). تتأثر ثباتية هذا الفيتامين في المنتجات الغذائية بعدة عوامل مثل نوع الفاكهة ودرجة النضج وظروف التخزين (Ajibola, 2009). وقد يعود هذا الانخفاض الى حدوث أكسدة في حمض الأسكوربيك وتحوله إلى حمض أسكوربيك منزوع الهيدروجين (Karpagavalli and Amutha 2015).

الجدول (7): تغير محتوى الثمار المبردة بدون أي معاملة من المركبات الفعالة حيوياً خلال فترة التخزين.

المعاملة		المركبات الفعالة حيوياً			
تبريد فقط		فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	الفلافونويدات (مغ/١٠٠غ)	النشاط المضاد للأكسدة (%)
فترة التخزين (أسبوع)	0	14.81 ± 0.10^{a}	13.23 ± 0.02^{a}	7.35 ± 0.01^{a}	55.88 ± 1.10^{a}
	2	14.56 ± 0.15^{b}	12.74 ± 0.11^{b}	7.13 ± 0.09^{b}	55.16 ± 4.22^{b}
	4	13.83 ± 0.05^{c}	12.09 ± 0.10^{c}	6.84 ± 0.05^{c}	54.57 ± 1.55^{c}
	6	13.15 ± 0.23^{d}	11.44 ± 0.05^{d}	6.28 ± 0.01^{d}	54.07 ± 0.88^{d}
	8	12.51 ± 0.10^{e}	10.71 ± 0.12^{e}	5.79 ± 0.10^{e}	53.41 ± 1.20^{e}
	10	11.84 ± 0.08^{f}	9.85 ± 0.15^{f}	5.14 ± 0.12^{f}	52.79 ± 2.05^{f}
	12	11.30 ± 0.12^{g}	9.03 ± 0.01^{g}	4.70 ± 0.05^{g}	51.26 ± 1.41^{g}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

انخفض محتوى الثمار من الفينولات الكلية بشكل معنوي من 13.23 مغ/100 غ في بداية التخزين إلى 12.74 مغ/100 غ بعد أسبوعين فقط من التخزين بينما وصلت بنهاية فترة التخزين إلى 9.03 مغ/100 غ. تشابهت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Kannan and Thirumaran, 2001) بالنسبة للفينولات الكلية في ثمار بعض أنواع الفاكهة المخزنة بالتبريد. قد يعود الفقد التدريجي للفينولات الكلية الى تحولهم لصبغات بنية بعملية التكاثف (Karpagavalli and Amutha 2015). لوحظ أيضاً انخفاض معنوي لمحتوى الثمار من الفلافونويدات خلال فترة التخزين حيث كانت في بداية فترة التخزين 7.35 مغ/100 غ ووصلت الى 4.70 مغ/100 غ بعد ثلاثة أشهر من التخزين. وهذا يتوافق مع ما ذكره (Plaza et al., 2011) حيث انخفض محتوى الفلافونويدات لعصير البرتقال بمقدار 50% عند تخزينه لمدة 20 يوماً بدرجة حرارة 4 °م. تظهر النتائج المذكورة في الجدول (7) أن انخفاض محتوى الثمار من المركبات الفعالة حيوياً قد أدى إلى انخفاض النشاط المضاد للأكسدة فيها بشكل معنوي حيث وصل إلى 55.16% بعد أسبوعين من التخزين و51.26% بنهاية فترة التخزين. تشابهت هذه النتائج مع ما توصل إليه

(Tomczak, 2007) الذي سجّل انخفاضاً كبيراً في النشاط المضاد للأكسدة خلال تخزين مركز عصير بعض أنواع التوت، حيث تراوح هذا الانخفاض بين 63 و76% بعد 10 أيام من التخزين المبرد وبين 64 و79% بعد 20 يوم من التخزين المبرد.

تغير التركيب الكيميائي للثمار المعاملة بتراكيز مختلفة من حمض السيتريك أثناء التخزين المبرد:

أظهرت نتائج دراسة تأثير معاملة الثمار بمحلول حمض السيتريك (1%) الواردة في الجدول (8) أن الحموضة الكلية قد ازدادت بشكل غير معنوي من 1.33% في بداية التخزين الى 1.36% بعد ستة أسابيع من التخزين وبشكل معنوي بنهاية فترة التخزين (إلى 1.42%)، ويلاحظ عدم تأثر محتوى الثمار من الحموضة الكلية بعد أسبوعين من التخزين حيث لم تتغير نسبة الحموضة الكلية خلال هذه الفترة (1.33%). بيّن (Hussain et al., 2008) أن أكسدة السكريات المرجعة تساهم في زيادة الحموضة الكلية في الفاكهة أثناء التخزين.

تمثل المواد الصلبة الذوابة محتوى الثمار من السكريات الذوابة والأحماض العضوية والمكونات الثانوية الأخرى. تظهر نتائج الجدول (8) أن محتوى الثمار من السكريات المرجعة قد ازدادت بشكل غير معنوي بعد أسبوعين من التخزين (9.15%) وبشكل معنوي في نهاية فترة التخزين (10.70%)، وبالتزامن مع هذه الزيادة ازدادت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية حيث كانت (18.17%) في بداية التخزين وازدادت زيادة غير معنوية بعد أسبوعين من التخزين (18.18%) وزيادة معنوية بدءاً من الأسبوع الرابع من التخزين (18.47%) حتى الوصول إلى 20.27% بنهاية فترة التخزين. سُجلت نتائج مشابهة من قبل (Kumhar *et al*., 2014; Muhammad *et al*., 2011) عند تخزينهم للب التفاح فقد أكدت الدارسات أن لفترة التخزين والمعاملات المطبقة على لب التفاح تأثيراً مهماً في محتواها من المواد الصلبة الذوابة حيث تزداد نسبة المواد الصلبة المنحلة بزيادة فترة التخزين في الثمار المعاملة أو غير المعاملة (Shah et al., 1975). يمكن أن تعزى هذه الزيادة بنسبة المواد الصلبة الذوابة الكلية الى ذوبان أو انحلال مكونات الفاكهة أثناء التخزين وقد تكون نتيجة لحلمهة السكريات العديدة إلى سكريات أحادية وسكريات مركبة

(Rathod et al., 2014). أيضاً سُجلت نتائج مشابهة من قبل (Sharma et al., 2013) عند تخزينه لثمار الكيوي. توافقت هذه النتائج مع ما ذكره (Abd-Elhady, 2014) بأن معاملة ثمار الفريز بحمض السيتريك قد أدت إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذوابة الكلية فيها بعد 60 يوماً من التخزين، وتوافقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Sirohi et al, 2005) والذي عزى ذلك إلى انحلالية الجزء غير الذواب في المنتج.

بالمقارنة مع نتائج معاملة الثمار بحمض سيتريك (2%) والمخزن بدرجة حرارة 4 °م (الجدول 8) يُلاحظ أن هذه المعاملة لم تؤثر معنوياً في محتوى الثمار من الحموض الكلية في الأسابيع الستة الأولى من التخزين (من 1.59% وحتى 1.63%) بينما ازدادت نسبة السكريات المرجعة معنوياً لهذه الثمار من الشهر الأول للتخزين (9.29%) ووصلت إلى 10.95% بنهاية فترة التخزين.

تقاربت هذه النتائج مع نتائج (Barwal and Shrera, 2009) حيث أظهرت المعاملات المطبقة على الفاكهة المعدة للحفظ (بسترة، معاملة بحمض السيتريك وميتا بيسلفيت، بسترة مع اضافة المواد الحافظة السابقة) ازدياد محتوى السكريات المرجعة أثناء التخزين.

وفقاً لـ (Bal *et al*., 2014) أظهرت الثمار المعاملة بحمض السيتريك زيادة في محتواها من السكريات المرجعة أعلى منها في الثمار المعاملة بالبسترة فقط وهذا قد يكون نتيجة لحلمهة السكريات العديدة في الظروف الحمضية. كما بيّن (Hussain *et al*., 2010) انخفاض محتوى السكريات غير المرجعة أثناء التخزين بالتبريد في التفاح وعصير المشمش، وعزى هذا الانخفاض إلى تحول السكريات غير المرجعة إلى سكريات مرجعة خلال عملية تخليق الغلوكوز glucogenesis.

أدت معاملة الثمار بحمض السيتريك (2%) إلى انخفاض محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية والفلافونويدات معنوياً في الأسبوع الثاني من التخزين (14.73% و12.94% و7.19%) على الترتيب وتدهورت بنهاية فترة التخزين (11.90% و9.33% و5.20%) على الترتيب (الجدول 9). وانخفض النشاط المضاد للأكسدة للثمار

المعاملة بنفس المعاملة السابقة معنوياً إلى 55.20% بعد أسبوعين فقط من التخزين وإلى 52.50% بنهاية فترة التخزين. وضّح (Altunkaya and Gokmen, 2011; He and Luo, 2007) أن حمض السيتريك يخفّض درجة الـ pH مما يجعل أنزيم بولي فينول أوكسيداز غير فعّال. كما يقوم بدور مخلّب للنحاس الذي يعمل كعامل مساعد (Cofactor) لتفاعل الاسمرار الأنزيمي، يعيق ارتباط حمض السيتريك مع النحاس تفكك البولي فينولات في العينات المعاملة به. أيضاً وجد (Saengnil *et al*., 2006) أن إضافة حمض السيتريك إلى منع تفكك البولي فينولات من خلال تثبيط أنزيمات البولي فينول أوكسيداز.

الجدول (8): تغير المؤشرات الكيميائية للثمار المبردة المعاملة بحمض السيتريك خلال فترة التخزين.

المعاملة		المؤشرات الكيميائية المدروسة					
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	الحموضة (%)	pH	السكريات المرجعة (%)	الرطوبة (%)	المواد الصلبة الذوابة الكلية (%)
تبريد مع حمض سيتريك 1%	0	1.33 ± 0.05[a]	3.30 ± 0.02[a]	9.13 ± 0.12[a]	72.12 ± 3.10[a]	18.17 ± 0.31[a]
	2	1.33 ± 0.01[a]	3.30 ± 0.05[a]	9.15 ± 0.10[a]	72.03 ± 0.88[a]	18.18 ± 0.11[a]
	4	1.34 ± 0.02[a]	3.32 ± 0.09[a]	9.22 ± 0.15[b]	71.63 ± 1.12[b]	18.47 ± 0.18[b]
	6	1.36 ± 0.03[a,b]	3.27 ± 0.02[a,b]	9.39 ± 0.05[c]	71.15 ± 1.40[c]	18.92 ± 0.06[c]
	8	1.38 ± 0.01[b,c]	3.20 ± 0.08[b]	9.67 ± 0.22[d]	70.77 ± 2.52[d]	19.49 ± 0.44[d]
	10	1.40 ± 0.06[c,d]	3.13 ± 0.10[c]	10.32 ± 0.14[e]	70.13 ± 1.10[e]	19.81 ± 0.15[e]
	12	1.42 ± 0.05[d]	3.00 ± 0.03[d]	10.70 ± 0.11[f]	69.50 ± 1.85[f]	20.27 ± 0.22[f]
تبريد مع حمض سيتريك 2%	0	1.59 ± 0.06a	3.56 ± 0.12a	9.13 ± 0.10a	72.20 ± 2.20a	18.18 ± 0.32a
	2	1.60 ± 0.01a	3.55 ± 0.06a	9.16 ± 0.01a	72.13 ± 1.14a	18.19 ± 0.54a
	4	1.60 ± 0.04a	3.55 ± 0.15a	9.29 ± 0.05b	71.70 ± 2.10b	18.51 ± 0.11b
	6	1.63 ± 0.05a,b	3.42 ± 0.04b	9.42 ± 0.16c	71.16 ± 3.55c	18.94 ± 0.24c
	8	1.65 ± 0.01b	3.33 ± 0.10c	9.84 ± 0.11d	70.79 ± 1.05d	19.54 ± 0.41d
	10	1.68 ± 0.02b,c	3.29 ± 0.11c,d	10.37 ± 0.09e	70.23 ± 0.88e	19.93 ± 0.55e
	12	1.71 ± 0.04c	3.25 ± 0.02d	10.95 ± 0.20f	69.70 ± 1.10f	20.50 ± 0.12f
تبريد مع حمض سيتريك 3%	0	1.72± 0.03[a]	3.62 ± 0.01[a]	9.13 ± 0.06[a]	72.12 ± 4.02[a]	18.18 ± 0.65[a]
	2	1.73 ± 0.01[a]	3.59 ± 0.15[a]	9.17 ± 0.11[a]	72.11 ± 1.55[a]	18.20 ± 0.33[a]
	4	1.73 ± 0.04[a]	3.59 ± 0.09[a]	9.29 ± 0.02[b]	71.85 ± 3.15[b]	18.54 ± 0.21[b]
	6	1.77 ± 0.08[a]	3.43 ± 0.10[b]	9.62 ± 0.10[c]	71.36 ± 1.10[c]	18.95 ± 0.11[c]
	8	1.85 ± 0.05[b]	3.11 ± 0.01[c]	10.18 ± 0.02[d]	70.89 ± 3.12[d]	19.59 ± 0.18[d]
	10	1.94 ± 0.01[c]	2.86 ± 0.05[d]	10.51 ± 0.03[e]	70.47 ± 2.25[e]	20.04 ± 0.53[e]
	12	2.20 ± 0.05[d]	2.55 ± 0.04[e]	11.30 ± 0.03[f]	69.80 ± 1.85[f]	20.70 ± 0.10[f]

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

عند معاملة الثمار بحمض السيتريك (3%) تم الحصول على نتائج مشابهة لتأثير معاملة الثمار بحمض السيتريك بتركيز (2%)، حسب النتائج الواردة في الجدول (8) لم يلاحظ حدوث تغير معنوي في محتوى الثمار من الحموض الكلية بعد ستة أسابيع من التخزين (من 1.72% حتى 1.77%)، بينما تغير محتواها من السكريات المرجعة والمواد الصلبة الذائبة بشكل معنوي بعد أربعة أسابيع من التخزين (9.29% و18.54%) على الترتيب. أيضاً أدت معاملة الثمار بحمض السيتريك (3%) إلى عدم حدوث تغير معنوي في محتواها من فيتامين C بعد أسبوعين من التخزين (من 14.81% إلى 14.77%) وكان هذا التغير معنوياً بالنسبة لمحتواها من كل من الفينولات الكلية والفلافونويدات لنفس الفترة من التخزين (13.02 و7.21 مغ/100 غ) على الترتيب. وبالرغم من عدم حدوث تغير معنوي في محتوى الثمار المعاملة بحمض السيتريك (3%) في الأسبوع الثاني من التخزين، فقد انخفض النشاط المضاد للأكسدة معنوياً بنفس الفترة (55.31%) ووصل إلى 53.10% بنهاية فترة التخزين. أدت إضافة حمض السيتريك إلى منع تفكك البولي فينولات من خلال تثبيط أنزيمات البولي فينول أوكسيداز (Saengnil, Lueangprasert and Uyhaibutra, 2006).

الجدول (9): تغير محتوى الثمار المبردة المعاملة بحمض السيتريك من المركبات الفعالة حيوياً خلال التخزين.

المعاملة		المركبات الفعالة حيوياً			
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	الفلافونويدات (مغ/١٠٠غ)	النشاط المضاد للأكسدة (%)
تبريد مع حمض سيتريك ١%	0	14.81 ± 0.11[a]	13.23 ± 0.10[a]	7.35 ± 0.01[a]	55.88 ± 0.88[a]
	2	14.69 ± 0.25[a]	12.91 ± 0.44[b]	7.15 ± 0.06[b]	55.19 ± 0.91[b]
	4	13.87 ± 0.01[b]	12.25 ± 0.32[c]	6.88 ± 0.12[c]	54.59 ± 0.65[c]
	6	13.28 ± 0.14[c]	11.42 ± 0.21[d]	6.29 ± 0.01[d]	54.11 ± 1.20[d]
	8	12.77 ± 0.21[d]	10.74 ± 0.12[e]	5.82 ± 0.05[e]	53.47 ± 1.11[e]
	10	12.18 ± 0.10[e]	9.93 ± 0.05[f]	5.41 ± 0.11[f]	52.84 ± 0.72[f]
	12	11.70 ± 0.05[f]	9.21 ± 0.11[g]	5.01 ± 0.03[g]	52.10 ± 0.55[g]
تبريد مع حمض سيتريك ٢%	0	14.81 ± 0.08[a]	13.23 ± 0.15[a]	7.35 ± 0.06[a]	55.88 ± 1.25[a]
	2	14.73 ± 0.16[b]	12.94 ± 0.05[b]	7.19 ± 0.15[b]	55.20 ± 3.12[b]
	4	13.90 ± 0.15[c]	12.30 ± 0.10[c]	6.91 ± 0.20[c]	54.67 ± 0.95[c]
	6	13.31 ± 0.21[d]	11.46 ± 0.25[d]	6.34 ± 0.11[d]	54.18 ± 0.88[d]
	8	12.81 ± 0.62[e]	10.79 ± 0.34[e]	5.92 ± 0.21[e]	53.52 ± 2.25[e]
	10	12.23 ± 0.18[f]	10.03 ± 0.48[f]	5.49 ± 0.51[f]	52.93 ± 3.32[f]
	12	11.90 ± 0.11[g]	9.33 ± 0.14[g]	5.20 ± 0.04[g]	52.50 ± 1.54[g]
تبريد مع حمض سيتريك ٣%	0	14.81 ± 0.71[a]	13.23 ± 0.42[a]	7.35 ± 0.51[a]	55.88 ± 1.01[a]
	2	14.77 ± 0.12[a]	13.02 ± 0.11[b]	7.21 ± 0.02[b]	55.31 ± 4.22[b]
	4	14.29 ± 0.36[b]	12.64 ± 0.22[c]	6.94 ± 0.05[c]	54.73 ± 2.15[c]
	6	13.54 ± 0.55[c]	11.89 ± 0.04[d]	6.39 ± 0.21[d]	54.20 ± 2.55[d]
	8	12.99 ± 0.15[d]	11.14 ± 0.13[e]	5.98 ± 0.11[e]	53.68 ± 4.10[e]
	10	12.51 ± 0.41[e]	10.32 ± 0.06[f]	5.70 ± 0.01[f]	53.22 ± 1.25[f]
	12	12.10 ± 0.20[f]	9.71 ± 0.15[g]	5.60 ± 0.31[g]	53.10 ± 0.75[g]

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من حمض الأسكوربيك في تغير التركيب الكيميائي للثمار أثناء التخزين:

تمت دراسة تأثير معاملة ثمار الزعرور بتراكيز مختلفة من حمض الأسكوربيك (1% و2% و3%). تشير النتائج في الجدول (10) إلى حدوث زيادة غير معنوية للسكريات المرجعة في الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك (3%) بعد أسبوعين من التخزين (9.18%) مقارنة بالثمار المعاملة بحمض أسكوربيك تركيز (2%) حيث كانت الزيادة معنوية لنفس الفترة من التخزين (9.22%) (الجدول 10). بينما كانت زيادة المواد الصلبة الذوابة معنوية عند المعاملة بحمض الأسكوربيك 3% (18.42%) بعد أسبوعين من التخزين وغير معنوية لنفس الفترة من التخزين عند المعاملة بحمض أسكوربيك تركيز 2%، وقد يعزى ذلك إلى مساهمة التركيز الأعلى من الحمض في زيادة تفاعلات حلمهة وتفكك مكونات الثمار. أيضاً أدت معاملة الثمار بحمض أسكوربيك (3%) إلى زيادة غير معنوية في محتوى الثمار من الحموض الكلية بعد ثلاثة أشهر من التخزين. لم يلاحظ اختلاف واضح في تأثير تراكيز حمض الأسكوربيك (2% و3%) مقارنة بالتركيز 1% من نفس الحمض، حيث كانت زيادة محتوى الثمار المعاملة بالتركيز الأخير التخزين من السكريات المرجعة والمواد الصلبة الذوابة غير معنوية بعد أسبوعين من التخزين (9.21% و18.18%) على الترتيب (الجدول 10)، ازداد محتوى الثمار من السكريات المرجعة والمواد الصلبة الذوابة بشكل معنوي بعد شهر واحد من التخزين (9.33% و18.35%) على الترتيب عند معاملة ثمار الزعرور بحمض الأسكوربيك 1%.

الجدول (10): تغير المؤشرات الكيميائية للثمار المبردة المعاملة بحمض الأسكوربيك خلال فترة التخزين.

المعاملة	المؤشرات الكيميائية المدروسة						
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	الحموضة (%)	pH	السكريات المرجعة (%)	الرطوبة (%)	المواد الصلبة الذوابة الكلية (%)
تبريد مع حمض أسكوربيك 1%	0	1.37 ± 0.06[a]	3.30 ± 0.01[a]	9.13 ± 0.05[a]	72.12 ± 5.10[a]	18.17 ± 0.52[a]
	2	1.37 ± 0.02[a]	3.30 ± 0.05[a]	9.21 ± 0.11[a]	72.08 ± 1.44[a]	18.18 ± 0.22[a]
	4	1.38 ± 0.04[a]	3.28 ± 0.02[a]	9.33 ± 0.14[b]	71.87 ± 2.35[b]	18.35 ± 0.15[b]
	6	1.40 ± 0.01[a,b]	3.27 ± 0.04[a]	9.49 ± 0.12[c]	71.42 ± 1.80[c]	18.88 ± 0.74[c]
	8	1.41 ± 0.02[a,b,c]	3.25 ± 0.05[a,b]	9.75 ± 0.01[d]	70.91 ± 1.41[d]	19.32 ± 0.59[d]
	10	1.43 ± 0.05[b,c]	3.22 ± 0.06[b,c]	10.24 ± 0.04[e]	70.44 ± 4.14[e]	19.68 ± 0.28[e]
	12	1.44 ± 0.01[c]	3.20 ± 0.01[c]	10.80 ± 0.02[f]	69.70 ± 2.33[f]	20.28 ± 0.44[f]
تبريد مع حمض أسكوربيك ٢%	0	1.51 ± 0.05[a]	3.10 ± 0.02[a]	9.13 ± 0.10[a]	72.16 ± 0.90[a]	18.21 ± 0.25[a]
	2	1.52 ± 0.01[a]	3.04 ± 0.05[b]	9.22 ± 0.08[b]	71.92 ± 2.20[b]	18.23 ± 0.15[a]
	4	1.54 ± 0.02[a,b]	2.97 ± 0.04[c]	9.35 ± 0.02[c]	71.43 ± 1.54[c]	18.43 ± 0.09[b]
	6	1.55 ± 0.04[a,b]	2.94 ± 0.06[c,d]	9.50 ± 0.01[d]	71.11 ± 3.26[d]	18.92 ± 0.10[c]
	8	1.57 ± 0.03[b,c]	2.91 ± 0.02[d,e]	9.78 ± 0.11[e]	70.89 ± 2.15[e]	19.45 ± 0.12[d]
	10	1.60 ± 0.01[c,d]	2.90 ± 0.04[d,e]	10.27 ± 0.05[f]	70.44 ± 4.05[f]	19.91 ± 0.33[e]
	12	1.62 ± 0.02[d]	2.89 ± 0.05[e]	10.50 ± 0.02[g]	70.03 ± 0.82[g]	20.31 ± 0.42[f]
تبريد مع حمض أسكوربيك ٣%	0	1.63 ± 0.08[a]	2.80 ± 0.01[a]	9.13 ± 0.09[a]	72.13 ± 1.20[a]	18.33 ± 0.22[a]
	2	1.63 ± 0.01[a]	2.80 ± 0.05[a]	9.18 ± 0.012[a,b]	72.08 ± 2.33[a]	18.42 ± 0.31[b]
	4	1.63 ± 0.05[a]	2.79 ± 0.03[a]	9.22 ± 0.02[b]	71.87 ± 4.51[b]	18.56 ± 0.05[c]
	6	1.63 ± 0.07[a]	2.77 ± 0.01[a,b]	9.39 ± 0.05[c]	71.55 ± 3.15[c]	18.79 ± 0.44[d]
	8	1.64 ± 0.01[a]	2.76 ± 0.04[a,b]	9.55 ± 0.10[d]	71.08 ± 1.84[d]	19.33 ± 0.12[e]
	10	1.64 ± 0.02	2.73 ± 0.01[b,c]	9.68 ± 0.03[e]	70.63 ± 1.45[e]	19.71 ± 0.36[f]
	12	1.65 ± 0.04[a]	2.71 ± 0.06[c]	9.81 ± 0.08[f]	70.11 ± 3.06[f]	20.46 ± 0.42[g]

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

تظهر النتائج الواردة في الجدول (11) أن معاملة الثمار بحمض الأسكوربيك (3%) أدت الى انخفاض غير معنوي في محتواها من الفينولات الكلية والفلافونويدات بعد أسبوعين من التخزين (13.22 و7.33 مغ/100غ) على الترتيب، بينما كان الانخفاض معنوياً لنفس الفترة من التخزين بالنسبة لمحتوى الثمار من فيتامين C (17.11 مغ/100غ) (الجدول 11).

لم تبين النتائج اختلاف في تأثير معاملة ثمار الزعرور بحمض الأسكوربيك بكل من التراكيز (2%) و(3%)، انخفض النشاط المضاد للأكسدة بشكل معنوي في الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك بتراكيز (1%) و(2%) و(3%) بنهاية فترة التخزين حيث بلغت (53.10% و54.32% و56.81%) على الترتيب. لم يتأثر محتوى ثمار الزعرور المعاملة بحمض الأسكوربيك 2% من الفينولات الكلية بعد أسبوعين من التخزين لكنها انخفضت معنوياً في الأسبوع الرابع من التخزين (13.02%)، انخفض النشاط المضاد للأكسدة في الثمار المعاملة بحمض أسكوربيك تركيز 2% معنوياً بعد أسبوعين من التخزين (56.89%) ووصل إلى 54.32% في نهاية فترة التخزين. ذكر (Napolitano *et al*., 2004) أن النشاط المضاد للأكسدة في المستخلصات المائية للتفاح قد انخفض بشكل معنوي أثناء تخزين التفاح، هذا الانخفاض مرتبط بتفكك حمض الأسكوربيك الذي يحدث خلال التخزين أو بلمرة الفينولات الحرة إلى بوليميرات أقل ذوبانية بالماء. كما يعزى هذا الانخفاض إلى انخفاض كمية مضادات الاكسدة التآزرية مثل حمض الأسكوربيك ومضادات الأكسدة المنحلة بالدسم (Matthes and Schmitz-Eiberger, 2009).

الجدول (11): تغير محتوى الثمار المبردة المعاملة بحمض الأسكوربيك من المركبات الفعالة حيوياً خلال فترة التخزين.

المعاملة		المركبات الفعالة حيوياً			
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	الفلافونويدات (مغ/١٠٠غ)	النشاط المضاد للأكسدة (%)
تبريد مع حمض أسكوربيك 1%	0	15.30 ± 0.10^{a}	13.23 ± 0.33^{a}	7.35 ± 0.21^{a}	56.30 ± 1.10^{a}
	2	15.18 ± 0.42^{b}	13.11 ± 0.16^{b}	7.28 ± 0.30^{b}	56.14 ± 0.25^{b}
	4	14.88 ± 0.31^{c}	12.95 ± 0.21^{c}	7.02 ± 0.02^{c}	55.86 ± 2.15^{c}
	6	14.27 ± 0.45^{d}	12.49 ± 0.10^{d}	6.77 ± 0.13^{d}	55.16 ± 1.14^{d}
	8	13.74 ± 0.24^{e}	11.82 ± 0.47^{e}	6.13 ± 0.05^{e}	54.73 ± 0.91^{e}
	10	13.09 ± 0.12^{f}	10.93 ± 0.58^{f}	5.87 ± 0.19^{f}	54.19 ± 3.02^{f}
	12	12.60 ± 0.05^{g}	9.62 ± 0.15^{g}	5.30 ± 0.32^{g}	53.10 ± 1.12^{g}
تبريد مع حمض أسكوربيك ٢%	0	16.01 ± 0.12^{a}	13.23 ± 0.05^{a}	7.35 ± 0.04^{a}	57.10 ± 1.02^{a}
	2	15.87 ± 0.24^{b}	13.20 ± 0.45^{a}	7.29 ± 0.01^{a}	56.89 ± 3.55^{b}
	4	15.58 ± 0.31^{c}	13.02 ± 0.10^{b}	7.05 ± 0.02^{b}	56.34 ± 2.41^{c}
	6	14.88 ± 0.42^{d}	12.69 ± 0.71^{c}	6.82 ± 0.05^{c}	55.47 ± 1.24^{d}
	8	14.37 ± 0.51^{e}	11.89 ± 0.44^{d}	6.22 ± 0.03^{d}	54.86 ± 1.50^{e}
	10	13.89 ± 0.11^{f}	11.01 ± 0.51^{e}	5.93 ± 0.04^{e}	54.38 ± 0.88^{f}
	12	13.20 ± 0.33^{g}	9.81 ± 0.16^{f}	5.61 ± 0.10^{f}	54.32 ± 1.91^{g}
تبريد مع حمض أسكوربيك ٣%	0	17.31 ± 0.10^{a}	13.23 ± 0.18^{a}	7.35 ± 0.02^{a}	59.90 ± 1.33^{a}
	2	17.11 ± 0.23^{b}	13.22 ± 0.11^{a}	7.33 ± 0.01^{a}	59.12 ± 5.01^{b}
	4	16.86 ± 0.09^{c}	13.06 ± 0.14^{b}	7.21 ± 0.11^{b}	58.85 ± 3.15^{c}
	6	16.22 ± 0.14^{d}	12.76 ± 0.36^{c}	7.09 ± 0.05^{c}	58.23 ± 1.45^{d}
	8	15.64 ± 0.35^{e}	12.13 ± 0.15^{d}	6.74 ± 0.03^{d}	57.84 ± 2.20^{e}
	10	15.07 ± 0.42^{f}	11.62 ± 0.46^{e}	6.52 ± 0.01^{e}	57.37 ± 1.04^{f}
	12	14.42 ± 0.33^{g}	10.52 ± 0.24^{f}	6.22 ± 0.02^{f}	56.81 ± 2.14^{g}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من السكروز في تغير التركيب الكيميائي للثمار أثناء التخزين:

تمت معاملة أنصاف ثمار الزعرور بغمرها بثلاثة تراكيز من السكروز (45% و55% و65%) بدرجة حرارة الغرفة ومن ثم تخزينها لمدة ثلاثة أشهر بدرجة الحرارة 4 °م، تظهر النتائج الموضحة في الجدول (12) أن لمعاملة الثمار بمحلول سكروز 65% تأثيراً جيداً في حفظ الثمار مقارنة بتراكيز السكروز الأخرى، حيث أدت هذا المعاملة إلى تغير غير معنوي في الحموضة الكلية بعد عشر أسابيع من التخزين (1.20%)، أما بالنسبة للسكريات المرجعة فقد كان التغير معنوياً بعد أسبوعين من التخزين (14.23%) وبعد أربعة أسابيع للمواد الصلبة الذوابة الكلية (23.12%)، في حين أدت معاملة الثمار بمحلول سكروز تركيز 55% إلى حدوث تغير معنوي للحموضة الكلية بعد ثمانية أسابيع وللسكريات المرجعة بعد أسبوعين من التخزين وبعد أربعة أسابيع للمواد الصلبة الذوابة (الجدول 12). وجد (Khan *et al*., 2014) عند تخزين ثمار الفريز بتغطيسها في محاليل من السكروز بتراكيز مختلفة أن درجة الـ pH للثمار انخفضت أثناء التخزين من 3.49 إلى 3.32، كما أشار (Fasogbon *et al*., 2013) إلى انخفاض درجة الـ pH لشرائح ثمار الأناناس المعاملة بتراكيز مختلفة من محلول السكروز، وقد عزى (Khan, 2010) انخفاض درجة الـ pH هذه إلى تشكل مركبات حمضية أثناء التخزين. حسب نتائج (Khan *et al*., 2014) ازدادت الحموضة القابلة للمعايرة في ثمار الفريز المخزنة والمعاملة بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز من 0.38 إلى 0.53 خلال فترة التخزين، توافقت هذه النتائج مع (Ali *et al*., 1999) الذي بين ازدياد الحموضة القابلة للمعايرة أثناء تخزين شرائح الدرابزين الخرمزي، كما تشابهت النتائج مع ماذكره (Kumar and Sagarand, 2008) عند تخزينه لشرائح المنغا المعاملة بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز. تعود هذه الزيادة في الحموضة إلى تشكل مواد حامضية جديدة نتيجة تفكك المواد البكتينية أو تفكك وأكسدة السكريات المرجعة إلى أحماض (Khan *et al*., 2014). أما بالنسبة للمواد الصلبة الذوابة الكلية TSS فقد بينت نتائج (Khan *et al*., 2014) ازديادها من 17.17 Brix إلى 21.01 Brix في ثمار الفريز المخزنة والمعاملة بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز، توافقت هذه النتائج مع نتائج (Kumar and Devi, 2011) عند تخزينهم لشرائح ثمار الأناناس المعاملة بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز.

توضح النتائج الواردة في الجدول (12) أن لمعاملة الثمار بمحلول سكروز تركيزه 45% تأثيراً مشابهاً لتأثير معاملتها بمحلول سكروز تركيزه 55% حيث ازدادت الحموضة الكلية للثمار بشكل معنوي بعد ثمانية أسابيع من التخزين (1.23%) وانخفض محتواها من السكريات المرجعة والمواد الصلبة الكلية معنوياً بعد أسبوعين وأربعة أسابيع من التخزين (13.35% و22.41%) على الترتيب. توصل (Khan *et al*., 2014) إلى أن محتوى السكريات المرجعة في ثمار الفريز المعاملة بتراكيز مختلفة من السكروز قد ازدادت أثناء التخزين من 8.35 إلى 11.16%. تم التوصل إلى نتائج مشابهة من قبل (Wisal *et al*., 2013) عند تخزينه لعصير الفريز بعد معاملته بمحاليل سكرية ومواد حافظة كيميائية مختلفة، أيضاً تشابهت نتائجه مع نتائج (Kumar and Devi, 2011) أثناء تخزينه لشرائح الأناناس بعد معاملتها بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز.

الجدول (١٢): تغير المؤشرات الكيميائية للثمار المبردة المعاملة بالسكروز خلال فترة التخزين.

المعاملة	المؤشرات الكيميائية المدروسة						
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	الحموضة (%)	pH	السكريات المرجعة (%)	الرطوبة (%)	المواد الصلبة الذوابة الكلية (%)
تبريد مع محلول سكري 45%	0	1.17 ± 0.05^{a}	3.40 ± 0.01^{a}	13.21 ± 0.11^{a}	68.30 ± 1.54^{a}	22.31 ± 0.23^{a}
	2	1.19 ± 0.01^{a}	3.39 ± 0.05^{a}	13.35 ± 009^{b}	68.14 ± 3.62^{b}	22.35 ± 0.45^{a,b}
	4	1.20 ± 0.03^{a,b}	3.37 ± 0.01^{a,b}	13.56 ± 0.06^{c}	67.92 ± 2.81^{c}	22.41 ± 011^{b}
	6	1.21 ± 0.02^{a,b}	3.34 ± 0.04^{b,c}	13.72 ± 0.15^{d}	67.54 ± 0.93^{d}	22.84 ± 0.08^{c}
	8	1.23 ± 0.01^{b}	3.32 ± 0.02^{c}	13.91 ± 0.04^{e}	67.17 ± 0.79^{e}	23.33 ± 0.34^{d}
	10	1.24 ± 0.04^{b}	3.26 ± 0.03^{d}	14.17 ± 0.02^{f}	67.82 ± 1.09^{f}	23.91 ± 0.44^{e}
	12	1.25 ± 0.03^{b}	3.19 ± 0.01^{e}	14.32 ± 0.10^{g}	65.51 ± 2.40^{g}	24.40 ± 0.15^{f}
تبريد مع محلول سكري ٥٥%	0	1.17 ± 0.06^{a}	3.40 ± 0.01^{a}	13.82 ± 0.19^{a}	68.10 ± 4.21^{a}	22.50 ± 0.21^{a}
	2	1.18 ± 0.02^{a,b}	3.39 ± 0.04^{a}	13.99 ± 0.35^{b}	67.72 ± 2.16^{b}	22.52 ± 0.30^{a}
	4	1.19 ± 0.01^{a,b}	3.38 ± 0.02^{a}	14.27 ± 0.11^{c}	67.34 ± 1.05^{c}	22.83 ± 0.05^{b}
	6	1.19 ± 0.07^{a,b}	3.36 ± 0.08^{a,b}	14.39 ± 0.09^{d}	66.88 ± 2.40^{d}	23.09 ± 0.10^{c}
	8	1.20 ± 0.01^{a,b}	3.33 ± 0.05^{b}	14.57 ± 0.10^{e}	66.39 ± 1.26^{e}	23.57 ± 0.12^{d}
	10	1.21 ± 0.05^{b}	3.28 ± 0.02^{c}	14.88 ± 0.25^{f}	65.81 ± 2.31^{f}	24.16 ± 0.15^{e}
	12	1.22 ± 0.03^{b}	3.21 ± 0.01^{d}	15.13 ± 0.11^{g}	65.22 ± 1.11^{g}	24.74 ± 020^{f}
تبريد مع محلول سكري ٦٥%	0	1.17± 0.01^{a}	3.40 ± 0.05^{a}	14.10 ± 0.12^{a}	67.53 ± 0.98^{a}	22.80 ± 0.25^{a}
	2	1.17 ± 0.05^{a}	3.40 ± 0.01^{a}	14.23 ± 0.15^{b}	67.23 ± 0.81^{b}	22.82 ± 0.45^{a}
	4	1.18 ± 0.02^{a,b}	3.39 ± 0.06^{a}	14.42 ± 0.22^{c}	67.07 ± 2.15^{c}	23.12 ± 0.51^{b}
	6	1.18 ± 0.03^{a,b}	3.39 ± 0.04^{a}	14.59 ± 0.36^{d}	66.86 ± 1.05^{d}	23.43 ± 0.66^{c}
	8	1.19 ± 0.05^{a,b}	3.36 ± 0.03^{a,b}	14.67 ± 0.14^{d}	66.45 ± 0.88^{e}	23.91 ± 0.34^{d}
	10	1.20 ± 0.01^{a,b}	3.32 ± 0.08^{b,c}	15.13 ± 0.33^{e}	65.91 ± 1.81^{f}	24.54 ± 0.24^{e}
	12	1.21 ± 0.04^{b}	3.28 ± 0.01^{c}	15.50 ± 0.11^{f}	65.62 ± 0.94^{g}	25.05 ± 0.10^{f}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

أدت معاملة ثمار الزعرور بمحلول سكري تركيزه 65% إلى الحفاظ على محتواها من فيتامين C والفلافونويدات دون حدوث انخفاض معنوي لها لمدة شهر من التخزين (13.22 و6.37) مغ/100غ على الترتيب (الجدول 13)، بينما كان هذا الانخفاض معنوياً في الأسبوع الثاني من التخزين عند معاملة الثمار بمحلول سكروز تركيزه 45% (13.65 و6.69) مغ/100غ على الترتيب (الجدول 13). انخفض النشاط المضاد للأكسدة بشكل معنوي في نهاية فترة التخزين عند معاملة الثمار بمحاليل السكروز بتراكيز (45% و55% و65%) حيث وصلت إلى (52.09% و52.21% و52.70%) على الترتيب. بيّن (Khan *et al*., 2014) انخفاض محتوى ثمار الفريز من حمض الأسكوربيك أثناء التخزين بعد معاملتها بتراكيز مختلفة من محلول السكروز من 30.08 مغ/100غ إلى 54.82 مغ/100غ. كما توافقت هذه النتائج مع نتائج (Kumar and Sagarand, 2008) عند تخزينه لشرائح ثمار المنغا المعاملة بمحاليل السكروز.

الجدول (١٣): تغير محتوى الثمار المبردة المعاملة بالسكروز من المركبات الفعالة حيوياً خلال فترة التخزين.

المعاملة		المركبات الفعالة حيوياً			
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	الفلافونويدات (مغ/١٠٠غ)	النشاط المضاد للأكسدة (%)
تبريد مع محلول سكري 45%	0	13.90 ± 0.12^{a}	12.61 ± 0.16^{a}	6.80 ± 0.10^{a}	55.32 ± 1.20^{a}
	2	13.65 ± 0.25^{b}	12.24 ± 0.23^{b}	6.69 ± 0.01^{b}	54.92 ± 4.15^{b}
	4	13.17 ± 0.14^{c}	11.83 ± 0.15^{c}	6.27 ± 0.03^{c}	54.33 ± 2.31^{c}
	6	12.79 ± 0.51^{d}	11.56 ± 0.11^{d}	5.93 ± 0.05^{d}	53.81 ± 1.54^{d}
	8	12.13 ± 0.10^{e}	10.05 ± 0.08^{e}	5.71 ± 0.11^{e}	53.13 ± 2.41^{e}
	10	11.84 ± 0.02^{f}	9.48 ± 0.21^{f}	5.42 ± 0.02^{f}	52.56 ± 1.05^{f}
	12	11.39 ± 0.06^{g}	9.07 ± 0.02^{g}	4.92 ± 0.05^{g}	52.09 ± 3.24^{g}
تبريد مع محلول سكري ٥٥%	0	13.81 ± 0.05^{a}	12.42 ± 0.10^{a}	6.71 ± 0.01^{a}	55.14 ± 1.01^{a}
	2	13.75 ± 0.55^{b}	12.20 ± 0.33^{b}	6.68 ± 0.08^{a}	54.83 ± 0.96^{b}
	4	13.31 ± 0.35^{b}	11.92 ± 0.21^{c}	6.26 ± 0.04^{b}	54.26 ± 0.88^{c}
	6	12.91 ± 0.24^{c}	11.63 ± 0.05^{d}	5.98 ± 0.10^{c}	53.87 ± 2.30^{d}
	8	12.28 ± 0.11^{d}	10.31 ± 0.19^{e}	5.75 ± 0.15^{d}	53.38 ± 1.10^{e}
	10	11.92 ± 0.17^{e}	9.59 ± 0.41^{f}	5.51 ± 0.01^{e}	52.61 ± 1.05^{f}
	12	11.62 ± 0.02^{f}	9.23 ± 0.04^{g}	4.73 ± 0.05^{f}	52.21 ± 2.10^{g}
تبريد مع محلول سكري ٦٥%	0	13.61 ± 0.12^{a}	12.11 ± 0.44^{a}	6.62 ± 0.02^{a}	55.08 ± 0.58^{a}
	2	13.59 ± 0.11^{a}	11.94 ± 0.21^{b}	6.60 ± 0.01^{a}	54.87 ± 0.95^{b}
	4	13.22 ± 0.23^{b}	11.76 ± 0.33^{c}	6.37 ± 0.07^{b}	54.31 ± 1.10^{c}
	6	12.82 ± 0.55^{c}	11.36 ± 0.14^{d}	6.08 ± 0.10^{c}	53.96 ± 0.76^{d}
	8	12.67 ± 0.61^{d}	10.94 ± 0.05^{e}	5.71 ± 0.08^{d}	53.57 ± 0.77^{e}
	10	12.42 ± 0.10^{e}	10.37 ± 0.04^{f}	5.47 ± 0.05^{e}	53.12 ± 1.02^{f}
	12	12.03 ± 0.05^{f}	9.51 ± 0.20^{g}	4.93 ± 0.01^{f}	52.70 ± 0.91^{g}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

تأثير المعاملة بتراكيز مختلفة من ميتا بيسلفيت الصوديوم في تغير التركيب الكيميائي للثمار المخزنة:

ميتا بيسلفيت الصوديوم هو مركب كيميائي يمثل أحد أشكال الكبريت عبارة عن بودرة بيضاء بلورية تنحل في الماء بسبب طول الرابطة بين ذرتي الكبريت (Alwan and Hassan, 2020). تستخدم مركبات ميتا بيسلفيت كمواد مضافة للأغذية حيث تشكل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2. تعمل مركبات ميتا بيسلفيت كمضادات فطرية ومضادات أكسدة فعالة (Brown, 2005). تدل النتائج المذكورة في الجدول (14) أن معاملة الثمار بمحلول ميتا بيسلفيت تركيزه 2% ساهمت في ارتفاع حموضة الثمار بشكل غير معنوي لمدة ثمانية أسابيع من التخزين (1.20%) بينما أدت إلى انخفاض غير معنوي في محتوى الثمار من السكريات المرجعة بعد أسبوعين من التخزين (9.18%) بينما كان الانخفاض معنوياً للمواد الصلبة الذوابة بعد أسبوعين من التخزين (18.26%)، تشير النتائج في الجدول (14) إلى تفوق المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت تركيز 4% على التركيز ٢% حيث لم يلاحظ تغير معنوي في محتوى الثمار والمواد الصلبة الذوابة بعد أسبوعين من التخزين (18.22%). توافقت نتائج هذا البحث مع ما أشار إليه (Durrant *et al*., 2010) بأن معاملة ثمار الاجاص والتفاح بتركيز 2% ميتا بيسلفيت الصوديوم أدى إلى زيادة من الحموضة القابلة للمعايرة بعد التخزين.

أيضاً تشابهت النتائج مع (Kasnazany, 2017) الذي بين أنه عند تغطيس ثمار الاجاص بمحلول 2% من ميتابيسلفيت البوتاسيوم ازداد محتواها معنوياً من المواد الصلبة الذائبة TSS والحموضة، وسببت انخفاضاً معنوياً لمحتوى الثمار من الرطوبة أثناء التخزين. وذكر (Kasnazany, 2017) أن معاملة الرمان بتراكيز مختلفة من ميتابيسلفيت البووتاسيوم أبدت فعالية في تقليل نسبة الفساد ولم يكن لها تأثيراً معنوياً في فقد الوزن والحموضة الكلية. وبين (Kasnazany *et al*., 2017) أن معاملة ثمار الخوخ بميتا بيسلفيت البوتاسيوم أدى الى زيادة معنوية في الحموضة القابلة للمعايرة، وقد عزى (Durrani *et al*., 2010) هذه الزيادة في الحموضة إلى تفكك البكتين إلى حموض بكيتينة.

الجدول (14) تغير المؤشرات الكيميائية للثمار المبردة المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم خلال فترة التخزين.

المعاملة		المؤشرات الكيميائية المدروسة					
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	الحموضة (%)	pH	السكريات المرجعة (%)	الرطوبة (%)	المواد الصلبة الذوابة الكلية (%)
تبريد مع حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم 2%	**0**	1.17 ± 0.08^{a}	3.54 ± 0.05^{a}	9.13 ± 0.09^{a}	72.12 ± 0.44^{a}	18.17 ± 0.58^{a}
	2	1.17 ± 0.05^{a}	$3.51 \pm 0.02^{a,b}$	9.18 ± 0.02^{a}	71.97 ± 1.16^{b}	18.26 ± 0.62^{b}
	4	1.18 ± 0.02^{a}	$3.48 \pm 0.06^{b,c}$	9.28 ± 0.012^{b}	71.64 ± 3.04^{c}	18.52 ± 0.21^{c}
	6	$1.19 \pm 0.04^{a,b}$	$3.47 \pm 0.04^{b,c}$	9.47 ± 0.01^{c}	71.15 ± 0.99^{d}	18.97 ± 0.17^{d}
	8	$1.20 \pm 0.01^{a,b}$	$3.45 \pm 0.01^{c,d}$	9.84 ± 0.05^{d}	70.66 ± 1.08^{e}	19.36 ± 0.08^{e}
	10	$1.22 \pm 0.03^{b,c}$	$3.43 \pm 0.05^{c,d}$	10.05 ± 0.08^{e}	70.23 ± 0.84^{f}	19.83 ± 0.10^{f}
	12	1.24 ± 0.02^{c}	3.40 ± 0.03^{d}	10.30 ± 0.01^{f}	69.40 ± 1.24^{g}	20.25 ± 0.52^{g}
تبريد مع حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم 4%	**0**	1.17 ± 0.06^{a}	3.60 ± 0.01^{a}	9.13 ± 0.07^{a}	72.23 ± 3.30^{a}	18.18 ± 0.10^{a}
	2	1.17 ± 0.01^{a}	$3.57 \pm 0.08^{a,b}$	$9.15 \pm 0.02^{a,b}$	72.09 ± 1.55^{b}	18.22 ± 0.33^{a}
	4	$1.18 \pm 0.08^{a,b}$	$3.52 \pm 0.04^{b,c}$	9.21 ± 0.09^{b}	71.83 ± 1.47^{c}	18.48 ± 0.13^{b}
	6	$1.19 \pm 0.02^{a,b}$	$3.50 \pm 0.01^{c,d}$	9.32 ± 0.04^{c}	71.54 ± 0.88^{d}	18.91 ± 0.28^{c}
	8	$1.21 \pm 0.05^{b,c,d}$	$3.45 \pm 0.02^{d,e}$	9.56 ± 0.10^{d}	71.25 ± 2.02^{e}	19.36 ± 0.11^{d}
	10	$1.22 \pm 0.04^{c,d}$	3.43 ± 0.03^{e}	9.81 ± 0.07^{e}	69.97 ± 1.32^{f}	19.82 ± 0.14^{e}
	12	1.23 ± 0.01^{d}	3.42 ± 0.02^{e}	10.10 ± 0.01^{f}	69.50 ± 1.44^{g}	20.26 ± 0.22^{f}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

يظهر الجدول (15) أن محتوى الثمار المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم 4% من فيتامين C والفينولات الكلية والفافونويدات والنشاط المضاد للأكسدة لم تتغير معنوياً بعد أسبوعين من التخزين بدرجة حرارة 4 °م (14.76 مغ/100 غ، 13.19 مغ/100 غ، 7.29 مغ/100 غ، 55.86%) على الترتيب. بينما كان هذا التغير معنوياً

عند معاملة الثمار بمحلول ميتا بيسلفيت 2% لنفس الفترة من التخزين (الجدول 15). وجد (Mathooko and Kiniiya, 2002) أن معدل تخرب فيتامين C يتأثر بنوع المادة الحافظة المستعملة، حيث كان لمادة ميتا بيسلفيت الصوديوم تأثير مثبت لفيتامين C أعلى من تأثير بنزوات الصوديوم. أظهرت النتائج التي أجراها (Masamba and Mndalira, 2013) أن ميتابيسلفيت الصوديوم احتفظت بفعاليتها في الحفاظ على ثباتية المنتجات الغذائية حتى لو استخدمت بتراكيز أقل بمقدار 50% من التراكيز الأعظمية المشار اليها في المواصفات القياسية المعتمدة الخاصة بالمضافات الغذائية. احتفظت ثمار الاجاص المعاملة بميتابيسلفيت صوديوم بتركيز 1% بأعلى تركيز من حمض الأسكوربيك بعد 90 يوماً من التخزين المبرد. وجد (Kasnazany *et al*., 2017) و(Mohamed *et al*., 1988) أن معاملة الثمار بـ 0.5% ميتا بيسلفيت البوتاسيوم أدى إلى زيادة محتواها من الأنثوسيانين، حيث أوضح أن هذه الزيادة قد تكون بسبب قيام مركب ميتا بيسلفيت بدور مثبط للاسمرار الأنزيمي وكمادة حافظة. كما أشار (Embs and Markakis, 1965) إلى أن مركب ميتابيسلفيت البوتاسيوم يزيد من كمية الفينولات الكلية في الثمار المعاملة به، حيث يقوم ميتا بيسلفيت بتثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز وتحرير شوارد السلفيت التي تمنع تشكل صبغات الميلانين البنية من خلال ارتباطها مع مركبات أورثوكوينون.

الجدول (15): تغير محتوى الثمار المبردة المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت من المركبات الفعالة حيوياً خلال فترة التخزين.

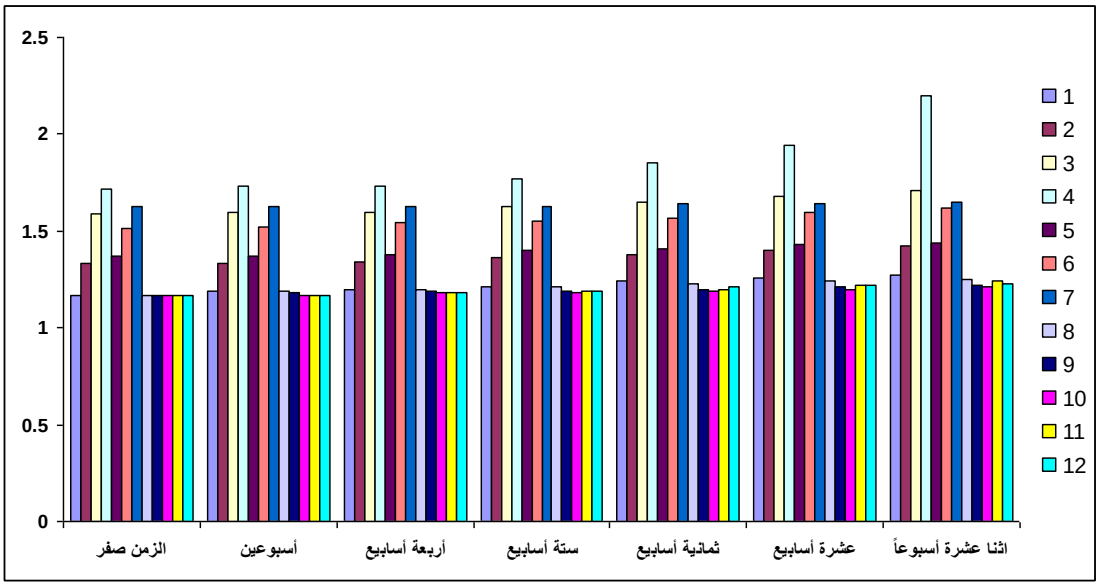
المعاملة		المركبات الفعالة حيوياً			
المعاملة	فترة التخزين (أسبوع)	فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	الفلافونويدات (مغ/١٠٠غ)	النشاط المضاد للأكسدة (%)
تبريد مع حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم 2%	0	14.81 ± 0.11^{a}	13.23 ± 0.26^{a}	7.35 ± 0.01^{a}	55.88 ± 1.00^{a}
	2	14.66 ± 0.44^{b}	13.15 ± 0.10^{b}	7.26 ± 0.21^{b}	55.71 ± 0.22^{b}
	4	14.19 ± 0.15^{c}	12.98 ± 0.44^{c}	7.18 ± 0.06^{c}	55.54 ± 2.10^{c}
	6	13.91 ± 0.58^{d}	12.67 ± 0.55^{d}	7.08 ± 0.02^{d}	55.28 ± 0.11^{d}
	8	13.59 ± 0.37^{e}	12.12 ± 0.14^{e}	6.87 ± 0.06^{e}	54.89 ± 0.88^{e}
	10	13.27 ± 0.25^{f}	11.57 ± 0.42^{f}	6.63 ± 0.11^{f}	54.58 ± 0.43^{f}
	12	12.99 ± 0.08^{g}	11.11 ± 0.15^{g}	6.40 ± 0.12^{g}	54.14 ± 1.20^{g}
تبريد مع حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم 4%	0	14.81 ± 0.42^{a}	13.23 ± 0.51^{a}	7.35 ± 0.04^{a}	55.88 ± 0.56^{a}
	2	14.76 ± 0.15^{a}	13.19 ± 0.26^{a}	7.29 ± 0.11^{a}	55.86 ± 0.74^{a}
	4	14.58 ± 0.10^{b}	13.01 ± 0.11^{b}	7.20 ± 0.05^{b}	55.63 ± 1.02^{b}
	6	14.21 ± 0.12^{c}	12.71 ± 0.44^{c}	7.11 ± 0.02^{c}	55.33 ± 0.93^{c}
	8	13.91 ± 0.28^{d}	12.25 ± 0.42^{d}	6.93 ± 0.03^{d}	55.02 ± 0.75^{d}
	10	13.67 ± 0.11^{e}	11.76 ± 0.15^{e}	6.75 ± 0.11^{e}	54.65 ± 0.82^{e}
	12	13.21 ± 0.14^{f}	11.30 ± 0.31^{f}	6.51 ± 0.01^{f}	54.32 ± 1.12^{f}

تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \leq 0.05$.

تأثير المعاملات المختلفة في المؤشرات الكيميائية لثمار الزعرور المخزنة بالتبريد

تأثير المعاملات المختلفة في حموضة ثمار الزعرور

يلاحظ من الشكل (10) تأثير المعاملات المختلفة في حموضة الثمار المخزنة بدرجة حرارة 4 °م لمدة ثلاثة أشهر، حيث تظهر ثمار الزعرور الأعلى حموضة هي المعاملة بالمعاملات (2 و3 و4 و5 و6 و7) أي المعاملة بحمضي السيتريك والأسكوربيك بالتراكيز المختلفة، وهذا يعود الى الطبيعة الحمضية لهذه المواد. لوحظ أن الثمار المعاملة بحمض السيتريك كانت أعلى حموضة من الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك حيث يعد حمض السيتريك كيميائياً أكثر حموضة من حمض الأسكوربيك. من جهة أخرى، تعد الثمار المعاملة بحمض سيترك 3% (المعاملة 4) هي الأكثر تأثراً مع تقدم فترة التخزين حيث بدأت بالارتفاع بشكل ملحوظ بعد ثمانية أسابيع من التخزين واستمر هذا الارتفاع حتى نهاية فترة التخزين. أما العينات الأقل حموضة حتى نهاية فترة التخزين فهي الثمار المعاملة بمحلول سكروز 65% (المعاملة 10)، واحتفظت الثمار المعاملة بمادة ميتا بيسلفيت بحموضتها الطبيعية إلى حد ما بنهاية فترة التخزين حيث كان ارتفاع الحموضة في هذه العينات قليلاً بعد ثلاثة أشهر من التخزين مقارنة بالعينات المبردة فقط أو العينات المعاملة بحمضي السيتريك والأسكوربيك.

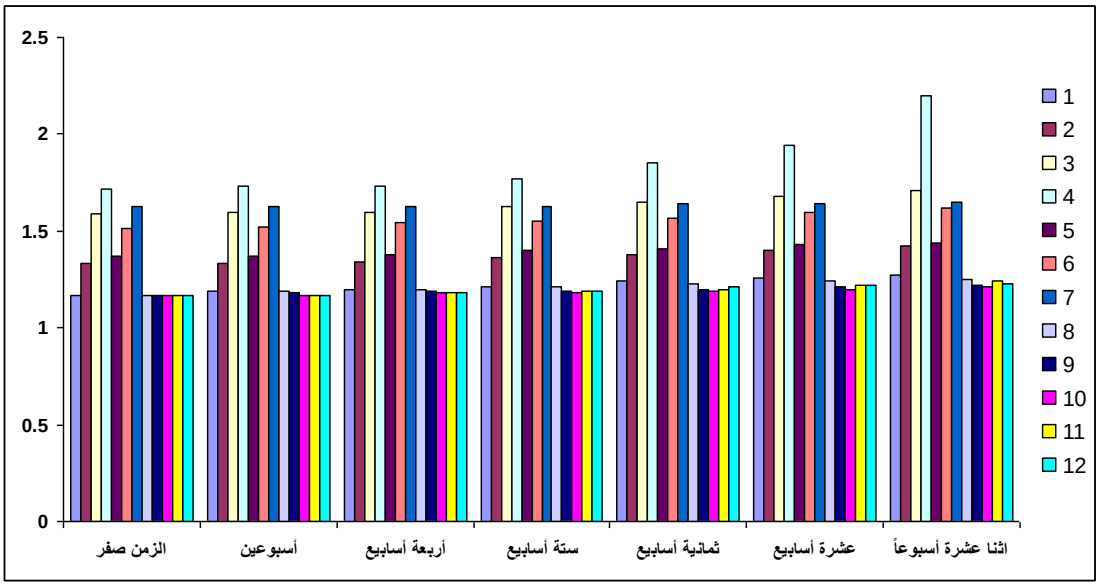


الشكل (10): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من الحموضة.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%

تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من السكريات المرجعة

يظهر الشكل (11) أن أعلى نسبة من السكريات المرجعة كانت في الثمار المعاملة بمحاليل السكروز مختلفة التراكيز (المعاملات 8 و9 و10). بالنسبة لباقي المعاملات يلاحظ من الشكل (11) أن الثمار المعاملة بحمض سيتريك 3% (المعاملة 4) كانت مرتفعة المحتوى من السكريات المرجعة مع تقدم فترة التخزين بدءاً من الأسبوع السادس وحتى نهاية مدة التخزين، تليها الثمار المعاملة بحمض السيتريك 2% (المعاملة 3). ساهمت معاملة الثمار بمحلول حمض الأسكوربيك 3% على الحفاظ على الثمار بأقل محتوى من السكريات المرجعة بنهاية فترة التخزين مقارنة بالثمار المعاملة بحمض أسكوربيك 2% (المعاملة 6).

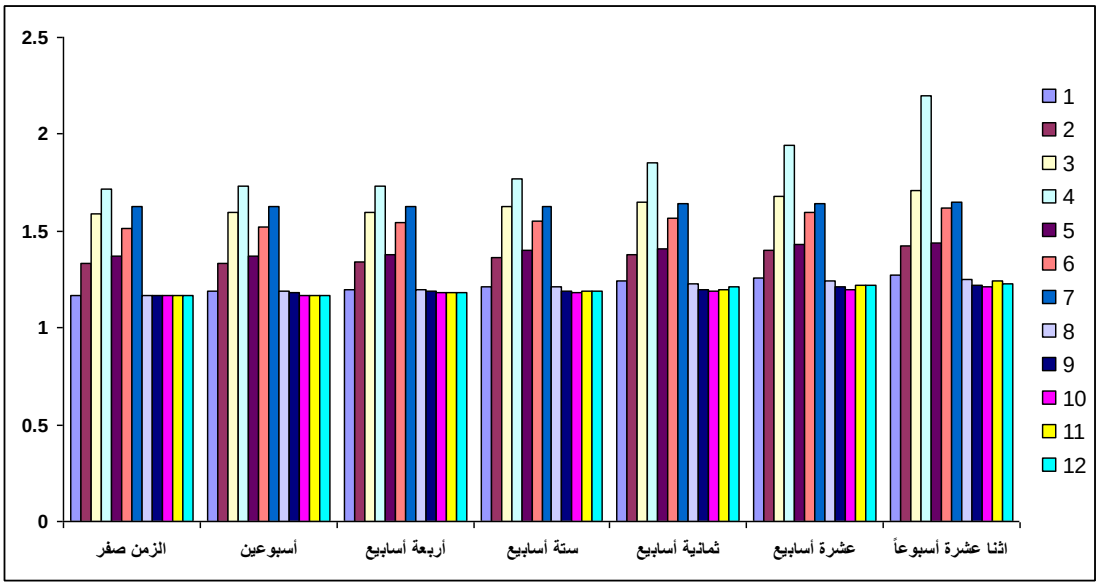


الشكل (11): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من السكريات المرجعة.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من المواد الصلبة الذوابة الكلية

أدت معاملة ثمار الزعرور بمحاليل سكروز مختلفة التراكيز (المعاملات 8 و9 و10) إلى ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذوابة مقارنة بالمعاملات الأخرى وهذا يعود إلى استخدام تراكيز مرتفعة من السكروز في هذه المعاملات (45 و55 و65)% (الشكل 12). يلاحظ أن الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك 2% و3% (المعاملتين 6 و7) والمعاملة بمادة ميتا بيسلفيت الصوديوم 2% و4% (المعاملتين 11 و12) كانت الأقل محتوى من المواد الصلبة الذوابة بنهاية فترة التخزين. كما ارتفع محتوى الثمار المعاملة بحمض السيتريك 2% و3% (المعاملتين 3 و4) من المواد الصلبة الذوابة.

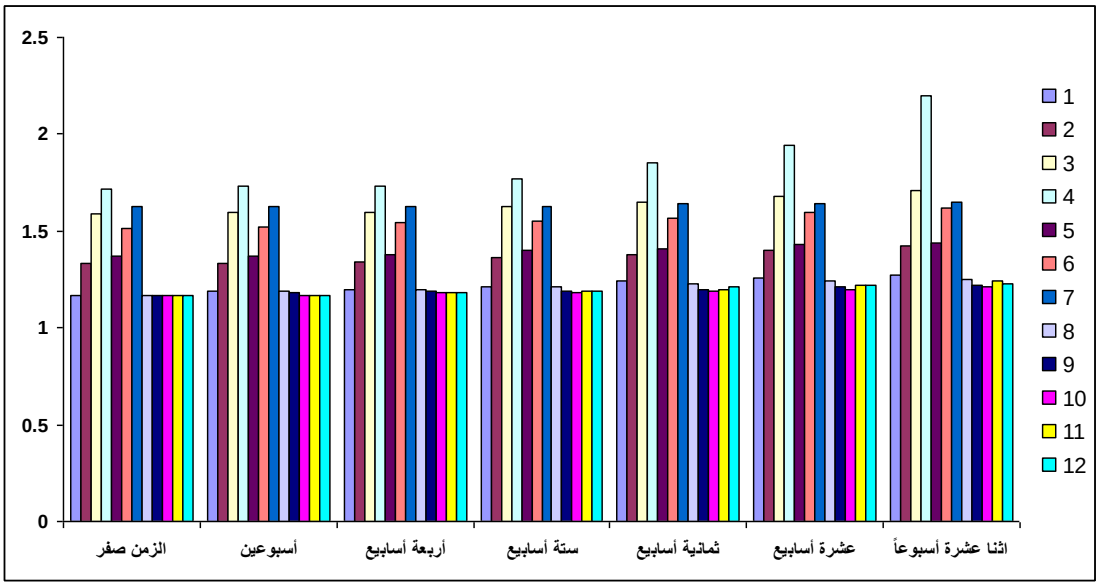


الشكل (12): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من المواد الصلبة الذوابة الكلية.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من فيتامين C

يشير الشكل (13) إلى أن أعلى محتوى من فيتامين C كان في الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك بالتراكيز المختلفة (المعاملات 5 و6 و7)، انخفض محتوى هذه الثمار من فيتامين C مع تقدم فترة التخزين. الثمار المعاملة بمركب ميتا بيسلفيت الصوديوم 2% و4% (المعاملتين 11 و12) كانت الأعلى محتوى من فيتامين C بنهاية فترة التخزين مقارنة بباقي المعاملات (باستثناء الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك). لوحظ أن أعلى فقد من فيتامين C خلال فترة التخزين كان في الثمار المبردة (المعاملة 1) تليها الثمار المعاملة بمحلول السكروز 45% (المعاملة 8) تليها الثمار المعاملة بمحلول السكروز 55 % (المعاملة 9).

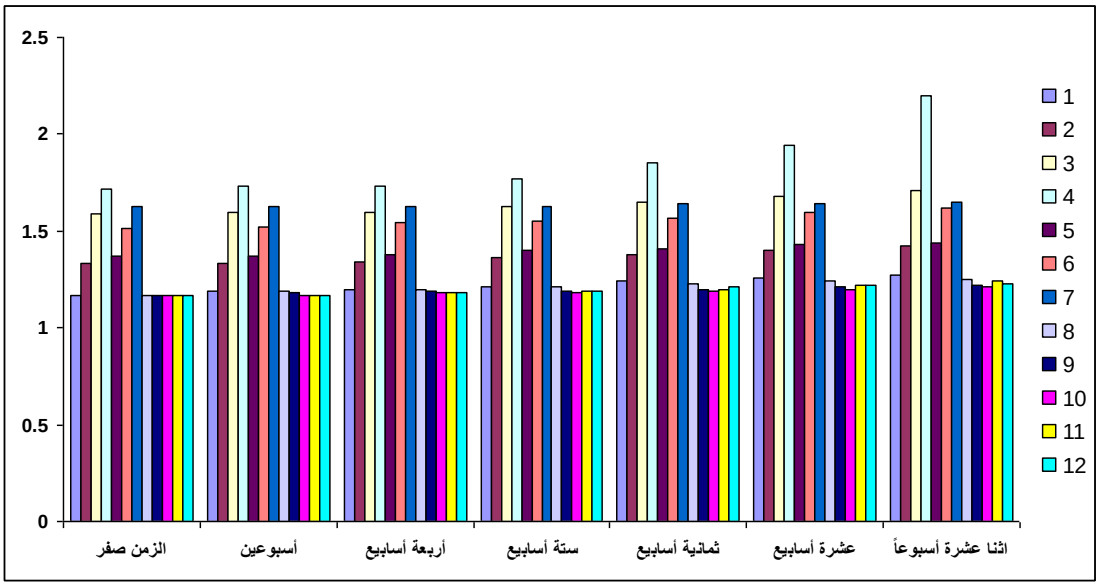


الشكل (13): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من فيتامين C.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من الفينولات الكلية

يوضح الشكل (14) انخفاض محتوى ثمار الزعرور المعاملة بمختلف المعاملات من الفينولات الكلية مع تقدم فترة التخزين، كانت الثمار الأقل فقداً للفينولات الكلية بنهاية فترة التخزين هي الثمار المعاملة بمركب ميتا بيسلفيت الصوديوم 2% و4% (المعاملتين 11 و12) تليها الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك 3% و2% و1% (المعاملات 7 و6 و5) على الترتيب. بينما كانت الثمار المبردة فقط (المعاملة 1) والثمار المعاملة بمحلول سكروز 45% (المعاملة 8) هي الأعلى فقداً من الفينولات الكلية تليها الثمار المعاملة بمحاليل السكروز 55% و65% (المعاملات 9 و10) على الترتيب.

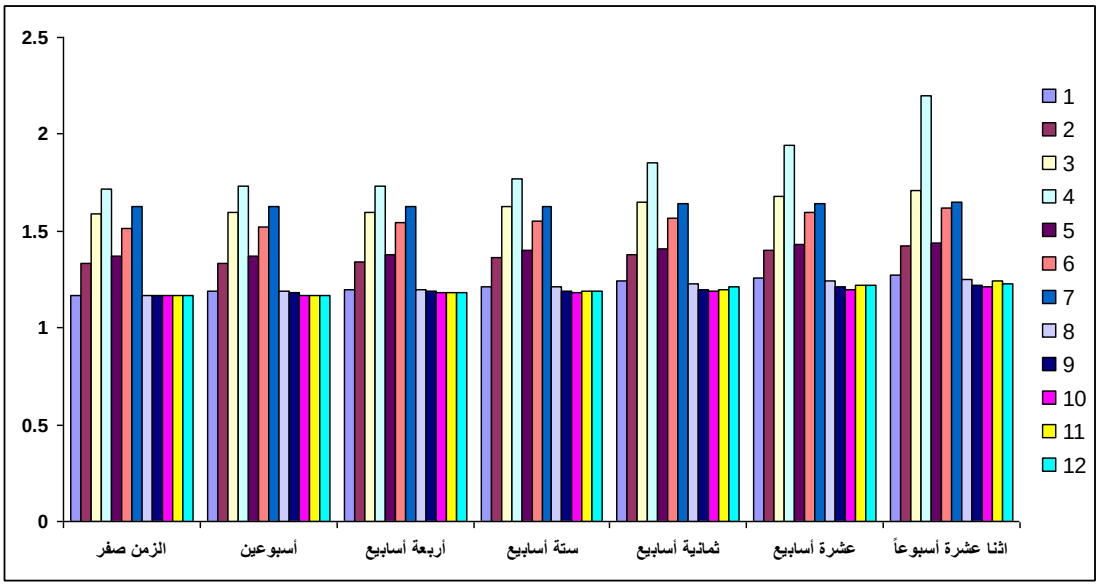


الشكل (14): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من الفينولات الكلية.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور من الفلافونويدات

يظهر الشكل (15) انخفاض محتوى الفلافونويدات في جميع الثمار المعاملة مع تقدم فترة التخزين، احتفظت الثمار المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم 4% و2% (المعاملتين 11 و12) بأعلى محتوى من الفلافونويدات بنهاية فترة التخزين مقارنة بباقي الثمار المعاملة وبنفس الفترة من التخزين. أيضاً احتفظت الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك 3% (المعاملة 7) بمحتوى مرتفع من الفلافونويدات بنهاية فترة التخزين تليها الثمار المعاملة بحمض سيتريك 3% (المعاملة 4). لوحظ أن الثمار الأعلى فقداً من الفلافونويدات بنهاية فترة التخزين هي الثمار المعاملة بمحلول سكروز 55% (المعاملة 9) والثمار المبردة فقط (المعاملة 1).

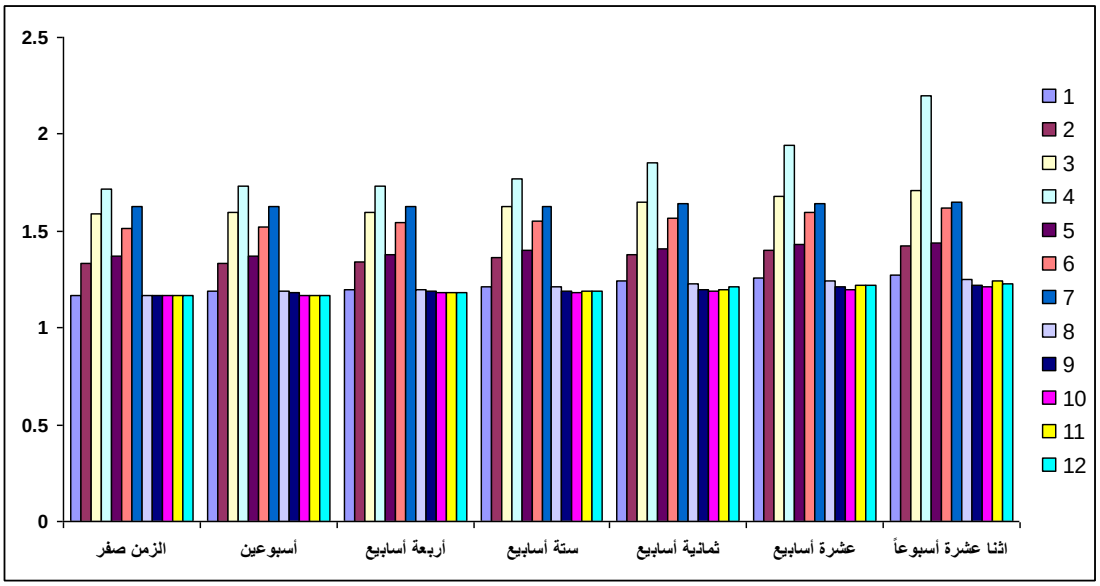


الشكل (15): تأثير المعاملات المختلفة في محتوى ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد من الفلافونويدات.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات المختلفة في النشاط المضاد للأكسدة لثمار الزعرور

بالمقارنة بين نتائج الفعالية المضادة للأكسدة لثمار الزعرور المعاملة بمركبات مختلفة يبين الشكل (16) أن ثمار الزعرور المعاملة بحمض أسكوربيك 3% (المعاملة 7) هي الأعلى فعالية مضادة للأكسدة خلال كامل فترة التخزين مقارنة مع باقي المعاملات. كما كان النشاط المضاد للأكسدة مرتفعاً في الثمار المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم 4% و2% (المعاملتين 12 و11) على الترتيب بنهاية فترة التخزين. أما الثمار الأقل فعالية مضادة للأكسدة بنهاية فترة التخزين كانت الثمار المبردة فقط (المعاملة 1) والثمار المعاملة بمحلول السكروز 45% (المعاملة 8).



الشكل (١٦): تأثير المعاملات المختلفة في النشاط المضاد للأكسدة لثمار الزعرور المخزنة بالتبريد.

(١) تبريد فقط (2) سيتريك 1% (3) سيتريك 2% (4) سيتريك 3% (5) أسكوربيك 1% (6) أسكوربيك 2% (7) أسكوربيك 3% (8) سكروز 45% (9) سكروز 55% (10) سكروز 65% (11) ميتا بيسلفيت 2% (12) ميتا بيسلفيت 4%.

تأثير المعاملات الكيميائية في المؤشرات الحسية لثمار الزعرور

أظهرت نتائج الاختبارات الحسية أن القبول العام لثمار الزعرور قد تأثر بنوع المعاملة الكيميائية المتبعة. خُزّنت ثمار الزعرور الأصفر الكبير كاملة (سليمة غير مقطعة) في التبريد بدرجة حرارة 4 °م لمقارنة فترة حفظها مع أنصاف ثمار من نفس النوع وبنفس الظروف، احتفظت الثمار الكاملة بخصائصها الحسية المقبولة لمدة ستة أسابيع ثم أصبح لون الثمار غامق وقوامها طري.

أشارت نتائج التقييم الحسي إلى أن ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد والمعاملة بمحاليل حمض ميتا بيسلفيت الصوديوم 2% و4% كانت الأعلى قبولاً مقارنة بجميع العينات الأخرى من ناحية اللون والطعم والقوام ولكامل فترة التخزين. وكانت الخصائص الحسية لثمار الزعرور المعاملة بحمض الأسكوربيك تركيز 2% و3% مقبولة بشكل جيد حتى الأسبوع الثامن من التخزين وبعد ذلك بدأ لونها بالاسمرار وانخفضت صلابة قوامها بشكل تدريجي بشكل واضح في الأسبوع العاشر من التخزين، واستمر تغير اللون والقوام حتى نهاية فترة التخزين حيث أصبحت غير مقبولة

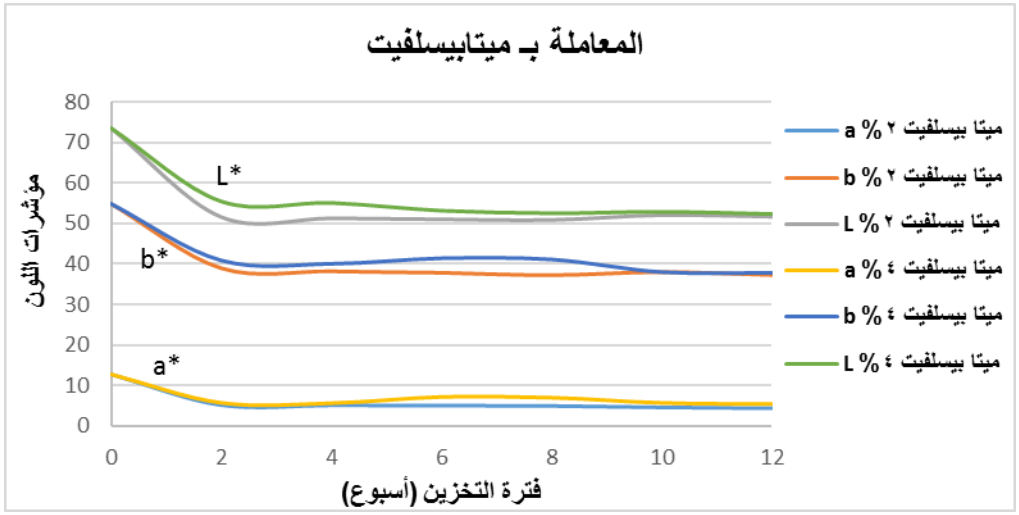
للاستهلاك. بينما أصبحت الثمار المعاملة بحمض أسكوربيك 1% ذات لون غامق بشكل واضح وقوام طري في الأسبوع السادس من التخزين. كانت ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد والمعاملة بمحلول سكري 55% الأكثر قبولاً من بين باقي الثمار من حيث القوام والطعم بينما كانت الأقل قبولاً من ناحية اللون، بعد الأسبوع السادس من التخزين بدأت خصائصها الحسية (اللون والقوام) تتدهور تدريجياً حتى أصبحت غير مقبولة للاستهلاك في الأسبوع العاشر من التخزين.

أشارت نتائج الاختبارات الحسية إلى أن كل من قوام ولون الثمار المعاملة بمحاليل مختلفة التراكيز من حمض السيتريك وحمض الأسكوربيك كان مقبولاً حتى الأسبوع السادس من التخزين إلا أن الطعم كان أقل قبولاً مقارنة بباقي الثمار المعاملة نتيجة ارتفاع الحموضة الناتج عن المعاملة بهذه الحموض، احتفظت جميع الثمار المعاملة برائحة مقبولة بنهاية فترة التخزين. بقيت ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد والمعاملة بحمض السيتريك 2% و3% مقبولة بشكل جيد حتى الأسبوع السادس من التخزين وازداد اسمرار اللون مع تقدم فترة التخزين حتى أصبحت غير مقبولة للاستهلاك في الأسبوع العاشر من التخزين حيث ترافق تغير لون الثمار مع ازدياد طراوة القوام. أما الثمار المعاملة بحمض سيتريك 1% فقد كانت مقبولة حتى الأسبوع السادس من التخزين وأصبحت غير مقبولة في الأسبوع الثامن نتيجة تغير القوام واسمرار اللون الواضح.

لم تحتفظ ثمار الزعرور المخزنة بالتبريد فقط بدون تطبيق أي معاملة كيميائية بخصائصها الحسية المقبولة لأكثر من أربعة أسابيع من التخزين حيث بدأت مؤشرات الاسمرار وتدهور القوام بالظهور مع تقدم فترة التخزين وأصبحت غير مقبولة للاستهلاك في الأسبوع السادس من التخزين.

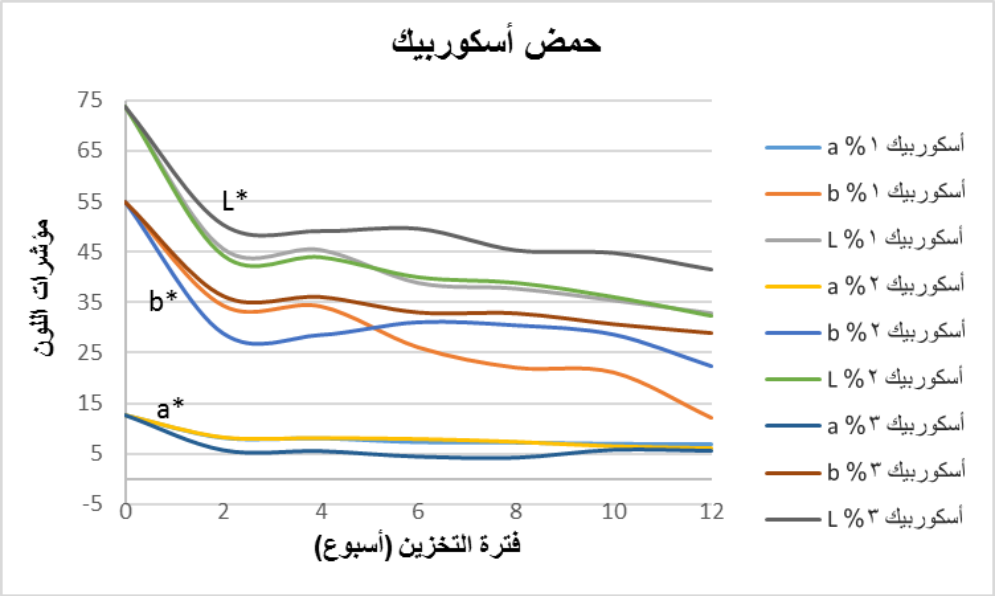
كان لون الثمار هو المؤشر الأكثر تأثراً بالمعاملات المدروسة، حيث كانت الثمار المعاملة بمحلول ميتا بيسلفيت الصوديوم هي الأعلى قبولاً تليها الثمار المعاملة بحمض السيتريك ثم الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك. وكانت الثمار الأقل قبولاً هي المعاملة بمحاليل السكروز والمخزنة بالتبريد بدون أي معاملة.

يعود تغير لون الثمار أثناء التخزين بشكل رئيسي الى تفاعلات الاسمرار الأنزيمي حيث تتحول البولي فينولات إلى مركبات بنية اللون نتيجة عمل أنزيم بولي فينول أوكسيداز (Wickramarachchi and Ranamukhaarachchi, 2005). بيّن (Abd-Elhady, 2014) عند دراسته لتغير لون الثمار المعاملة بحمض الستريك وميتا بيسلفيت البوتاسيوم أثناء التخزين المبرد عدم حدوث تغير معنوي في اللون وفسّر ذلك بأنه نتيجة لتثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز. تشير نتائج قياس مؤشرات اللون للثمار المخزنة الى انخفاض قيمة مؤشر الاحمرار فيها بشكل عام وذلك لأن لونها الغالب هو الأصفر، أدت معاملة الثمار بمحلول ميتا بيسلفيت 2% و4% الى انخفاض مؤشري السطوع والاصفرار (L^* وb^*) على الترتيب بعد أسبوعين من التخزين وانخفض هذا التغير حتى نهاية فترة التخزين (الشكل 17).



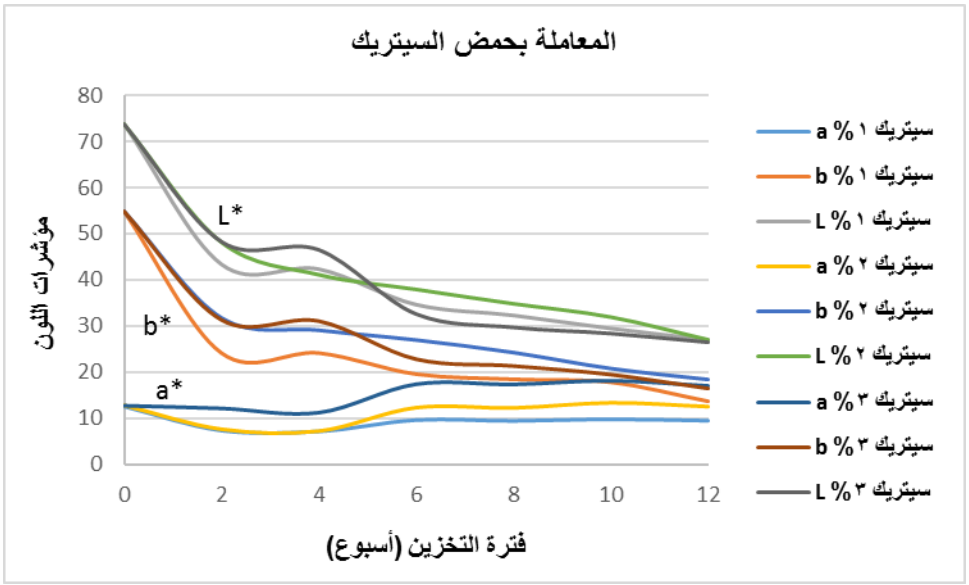
الشكل (17): تغير مؤشرات اللون لثمار الزعرور المعاملة بمحاليل ميتا بيسلفيت مختلفة التركيز خلال كامل فترة التخزين.

بدأ تغير لون الثمار المعاملة بحمض الأسكوربيك بالتغير بدءاً من الأسبوع الثاني من التخزين وازداد تدهور لون الثمار في الأسبوع الثامن من التخزين (الشكل 18).



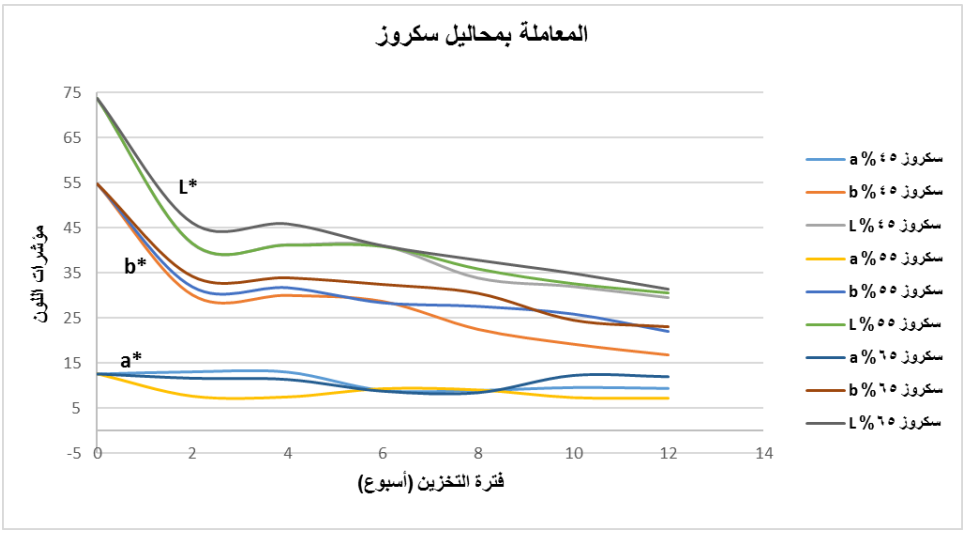
الشكل (18): تغير مؤشرات اللون لثمار الزعرور المعاملة بمحاليل حمض أسكوربيك مختلفة التركيز خلال كامل فترة التخزين.

أما لون ثمار الزعرور المعاملة بمحاليل حمض السيتريك فقد بدأ بالتغير بعد أسبوعين من التخزين وتدهور بشكل واضح في الأسبوع السادس من التخزين (الشكل 19).



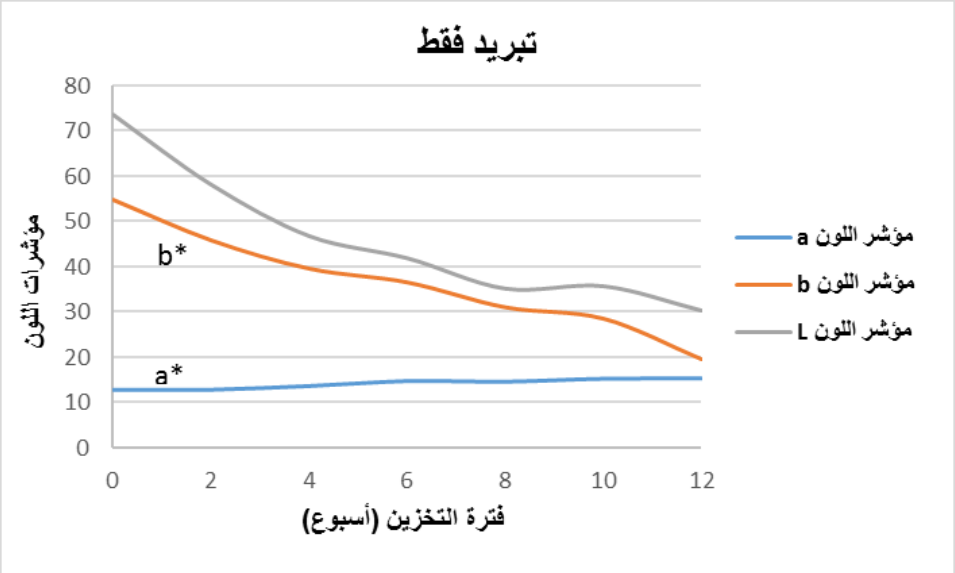
الشكل (19): تغير مؤشرات اللون لثمار الزعرور المعاملة بمحاليل حمض سيتريك مختلفة التركيز خلال كامل فترة التخزين.

يظهر الشكل (20) أن لون ثمار الزعرور المعاملة بمحاليل السكروز تدهورت بشكل كبير بدءاً من الأسبوع الثامن من التخزين وازداد هذا التدهور في الأسبوع العاشر من التخزين.



الشكل (20): تغير مؤشرات اللون لثمار الزعرور المعاملة بمحاليل سكروز مختلفة التركيز خلال كامل فترة التخزين.

تظهر نتائج قياس اللون لثمار الزعرور المخزنة بالتبريد بدون أي معاملة كيميائية أن لون الثمار تدهور بشكل واضح بدءاً من الأسبوع الرابع من التخزين (الشكل 21).



الشكل (21): تغير مؤشرات اللون لثمار الزعرور المعاملة بالتبريد فقط خلال كامل فترة التخزين.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- أظهرت نتائج دراسة التركيب الكيميائي لثلاثة أنواع من ثمار الزعرور أنها مصدراً جيداً من الرماد والألياف والحموض الكلية.
- تميزت ثمار الزعرور الأصفر الكبير بارتفاع محتواها من العناصر المعدنية Na وCa (310 و466 ppm) مقارنة بباقي الأنواع، بينما تفوق الزعرور الأصفر الصغير على باقي أنواع الزعرور في محتواه من البوتاسيوم (537 ppm).
- تفوقت ثمار الزعرور الأحمر الصغير على باقي أنواع الزعرور المدروسة من حيث محتواها من الفينولات الكلية والأنثوسيانينات (90 مغ/100غ و8.37 مغ/100غ) على الترتيب، بينما كانت ثمار الزعرور الأصفر الكبير الأعلى محتوى من فيتامين C (14.81 مغ/100غ) مقارنة بأنواع الزعرور الأخرى.
- النشاط المضاد للأكسدة لثمار الزعرور الأحمر الصغير كان الأعلى من بين باقي أنواع الزعرور (88.63%).
- تدهور التركيب الكيميائي لثمار الزعرور المخزنة بالتبريد (الشاهد) بعد شهرين من التخزين فقط وتلونها بلون غامق مع ازدياد طراوة الثمرة
- احتفظت الثمار المعاملة بمركب ميتا باي سلفيت بالتركيزين ٢% و٤% بخصائصها الكيميائية والحسية لمدة ثلاثة أشهر.
- تدهور الخصائص الحسية (اللون والقوام) للثمار المعاملة بالمحاليل السكرية بعد ستة أسابيع من التخزين.
- عند معاملة ثمار الزعرور بحمض الأسكوربيك 3% كانت زيادة الحموض الكلية غير معنوية بعد ثلاثة أشهر من التخزين.
- أدت معاملة ثمار الزعرور بمحلول سكروز 65% الى عدم تغير محتواها من فيتامين C والفلافونويدات بعد شهر واحد من التخزين.

التوصيات

- دراسة أنواع أخرى من الزعرور البري المتوفر في مناطق مختلفة من سورية.
- دراسة تحضير منتجات غذائية مختلفة من ثمار الزعرور.
- الاهتمام بزراعة أشجار الزعرور وزيادة المساحات المزروعة بها.

المراجع

(A.O.A.C.) Association of Official Analytical Chemists. (1995). **Official Methods of Analysis** (16th Ed). AOAC International, Arlington, VA, 16–17.

(A.O.A.C.) Association of Official Analytical Chemists. (2000). **Official methods of analysis** of the AOAC international (17th ed.). Washington, DC: Author.

Abd-Elhady, M. (2014). **Effect of citric acid, calcium lactate and low temperature prefreezing treatment on the quality of frozen strawberry**. *Annals of Agricultural Sciences, 59*, 69‑75.

Agregan, R.; Munekata, P.E.; Franco, D.; Dominguez, R.; Carballo, J.; Muchenje, V.; Barba, F.J.; Lorenzo, J.M. (2019). **Phenolic content and antioxidant activity of extracts from bifurcaria bifurcata alga, obtained by diverse extraction conditions using three diferent techniques (hydrothermal, ultrasounds and supercritical CO_2)**. Environ. *Eng. Manag. J*., 18, 1535–1542.

Ahmad, S., Thompson, A. K., Hafiz, I. A., Asi, A. A. (2001). **Effect of temperature on the ripening behaviour and quality of banana fruit**. *International Journal of Agriculture and Biology, 3*, 224‑227.

Ajibola VO, Babatunde OA, Suleiman S (2009). **The effect of storage method on the vitamin C content in some tropical fruit juices**. Trends Appl. Sci. Res. 4:79-84.

Akhtar, S., Riaz, M., Ahmad, A., Nisar, A. (2010). **Physicochemical, microbiological and sensory stability of chemically preserved mango pulp**. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 853‑862.

Albarouki, E., and Peterson, A. (2007). **Molecular and morphological characterization of Crataegus L. species (Rosaceae) in southern Syria**. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 153(3): 255-263.

AL-Hooti S., and Sidhu J.S. (1997). **Objective color measurement of fresh date fruit and processed date products**, *Journal of Food Quality*, 20: 257–266.

Ali A, Abrar M, Sultan MT, Din A, Niaz B (1999). **Postharvest physicochemical changes in full ripe strawberries during cold storage.** *Ani Pl Sci* 21: 38-41.

Alirezalu A.; Ahmadi N.; Salehi P.; Sonboli A.; Alirezalu K.; Khaneghah A. M.; Barba F. J.; Munekata P.; Lorenzo J.M. (2020). **Physicochemical Characterization, Antioxidant Activity, and Phenolic Compounds of Hawthorn (Crataegus spp.) Fruits Species for Potential Use in Food Applications.** *Foods j.* (9) 436.

Alp, H.; Soner, B.C.; Baysal, T.; Şahin, A.S. (2015). **Protective effects of Hawthorn (Crataegus oxyacantha) extract against digoxin-induced arrhythmias in rats**. *Anadolu Kardiyol. Derg.* 15, 970–975.

Altunkaya, A., and Gokmen, V. (2011). **Purification and characterization of polyphenol oxidase, peroxidase and lipoxygenase from freshly cut lettuce**. *Food Technology Biotechnology, 49*, 249‑256.

Alwan M. and I.and Hassan S. A. (2020). **Effect of sodium metabisulfite treatment and storage periods on the storability of two persimmon varieties fuyu and hachiya**. Plant Archives. 20 (1) 2607-2612.

American Association of Cereal Chemist. (1983). **Approved Methods of the AACC** (8th ed) St, Paul, MN.

Ansari, K.N. (1997). **The free radicals—The hidden culprits: An update**. *Indian J. Med. Sci.* 51, 319–336.

Asma B.M. and Birhanlı O. **(**2003). **Selection studies of wild growing hawthorns around Malatya. IV.** *Turkish National Horticultural Symposium*, 08–12 September, Antalya, pp. 61-62.

Bahorun, T.; Aumjaud, E.; Ramphul, H.; Rycha, M.; Luximon-Ramma, A.; Trotin, F.; Aruoma, O.I. (2003). **Phenolic constituents and antioxidant capacities of Crataegus monogyna (Hawthorn) callus extracts**. *Nahrung - Food*, *47*, 191–198.

Bahri-Sahloul, R.; Ammar, S.; Grec, S.; Harzallah-Skhiri, F. (2009). **Chemical characterisation of Crataegus azarolus l. Fruit from 14 genotypes found in Tunisia**. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*. *84*, 23–28.

Bal, L. M., Ahmad, T., Senapati, A. K., Pandit, P. S. (2014). **Evaluation of quality attributes during storage of guava nectar Cv. Lalit from different pulp and TSS ratio**. *Journal of Food Processing Technology, 5*, 1-5.

Balta MF, Celik F, Turkoglu N, Ozrenk K, Ozgokce F. (2006). **Some fruit traits of hawthorn (*Crataegus* spp.) genetic resources from Malatya, Turkey**. *Res. J. Agric. Biol. Sci*., 2**(***6*): 531-536.

Banerjee P. and Prasad B. (2020). **Determination of concentration of total sodium and potassium in surface and ground water using a flame photometer**. *Appllied Water Science*. *10*: 106 – 113.

Barb, J.G.; Werner, D.J.; Griesbach, R.J. (2008). **Genetics and biochemistry of flower color in stokes aster**. *Acta Hortic. 133*, 569–578.

Barreca, D.; Lagana, G.; Ficarra, S.; Tellone, E.; Leuzzi, U.; Galtieri, A.; Bellocco, E. (2011). **Evaluation of the antioxidant and cytoprotective properties of the exotic fruit Annona cherimola Mill. (Annonaceae)**. *Food Res. Int*., *44*, 2302–2310.

Barwal, V. S., and Shrera, S. K. (2009). **Standardization of extraction methods and preservation techniques of hill lemon juice.** *Journal of Scientific and Industrial Research, 68*, 608-610.

Baytop T. (1996). **Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi (Geçmişte ve Bugün)**. 3255 th edition. İstanbul: İstanbul universitesi, Eczacılık Fak. Yayınları. 513–520.

Belkhir, M.; Rebai, O.; Dhaouadi, K.; Congiu, F.; Tuberoso, C.I.G.; Amri, M.; Fattouch, S. (2013). **Comparative analysis of Tunisian wild Crataegus azarolus (yellow azarole) and Crataegus monogyna (red azarole) leaf, fruit, and traditionally derived syrup: Phenolic profiles and antioxidant and antimicrobial activities of the aqueous-acetone extracts**. *J. Agric. Food Chem. 61*, 9594–9601.

Belwal, T.; Nabavi, S.F.; Nabavi, S.M.; Habtemariam, S. (2017). **Dietary anthocyanins and insulin resistance: When food becomes a medicine**. *Nutrients*, *9*, 1111.

Bernatoniene, J.; Masteikova, R.; Majiene, D.; Savickas, A.; Kevelaitis, E.; Bernatoniene, R.; Dvořáčkovâ, K.; Civinskiene, G.; Lekas, R.; Vitkevičius, K.; (2008). **Free radical-scavenging activities of crataegus monogyna extracts.** *Medicina (B. Aires).*, *44*, 706–712.

Bignami, C.; Paolocci, M.; Scossa, A.; Bertazza, G. (2003). **Preliminary evaluation of nutritional and medicinal components of Crataegus azarolus fruits**. *Acta Hortic*. 597, 95–100.

Blando, F.; Albano, C.; Liu, Y.Z.; Nicoletti, I.; Corradini, D.; Tommasi, N.; Gerardi, C.; Mita, G.; Kitts, D.D. (2016). **Polyphenolic composition and antioxidant activity of the under-utilised Prunus mahaleb L.** *fruit. J. Sci. Food Agric*. *96*, 2641–2649.

Bor, Z.; Arslan, R.; Bektaş, N.; Pirildar, S.; Dönmez, A.A. (2012). **Antinociceptive, antiinflammatory, and antioxidant activities of the ethanol extract of crataegus orientalis leaves.** *Turkish J. Med. Sci. 42*, 315–324.

Bouaziz, A.; Khennouf, S.; Abdalla, S.; Djidel, S.; Abu Zarga, M.; Bentahar, A.; Dahamna, S.; Baghiani, A.; Amira, S. (2014). **Phytochemical analysis, antioxidant activity and hypotensive effect of Algerian azarole (Crataegus azarolus L.) leaves extracts**. *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. 5*, 286–305.

Browicz P.H. (1972). ***Crataegus*. In: Davis PH (ed), Flora of Turkey and the East Aegean Islands.** Edinburg Univ. Press, No: 22, Edinburg.

Brown A. M. Y., (2005). **Understanding Food: Principles and Preparation**. (Wadsworth, Thomson Learning Inc., Singapore.

Çalişkan O., Gündüz K., Serçe S., Toplu C., Kamiloğlu Ö., Şengül M. and Ercişli S. (2012). **Phytochemical characterization of several Hawthorn (*Crataegus* spp.) species sampled from the Eastern Mediterranean region of Turkey**. *Pharmacognosy Magazine*. 8(29): 16-21.

Cao G, Verdon C, Wu AHB, Wang H, Prior RL (1995). **Automated oxygen radical absorbance capacity assay using the COBAS FARA II**. *Clin. Chem*. 41: 1738-1744.

Cardozo, M.L.; Ordonez, R.M.; Alberto, M.R.; Zampini, I.C.; Isla, M.I. (2011). **Antioxidant and anti-inflammatory activity characterization and genotoxicity evaluation of Ziziphus mistol ripe berries, exotic Argentinean fruit**. *Food Res. Int*. 44, 2063–2071.

Chiply, J. R. (1983). **Sodium benzoate and benzoic acid**. In A. L. Baren and P. M. Davidson (Eds.), *Antimicrobials in foods* (pp. 11‑35). New York, NY: M. Decker.

Dai, J. and Mumper, R.J. (2010). **Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties**. *Molecules. 15*, 7313–7352.

Dirimanov, S. and Högger, P. (2019). **Screening of inhibitory effects of polyphenols on akt-phosphorylation in endothelial cells and determination of structure-activity features**. *Biomolecules, 9.*

Dixon, R.A. and Paiva, N.L. (1995). **Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism**. Plant Cell Online. 7, 1085–1097.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., and Smith F. (1956). **Colorimetric method for determination of sugars and related substances**. Analytical Chemistry, 28, (3): 350–356.

Durrani, Y., Ayub, M., Muhammad, A., and Ali, A., (2010). **Physicochemical response of apple pulp to chemical preservatives and antioxidant during storage**. *Internet J. of Food Safety*. **12**: p. 20-28.

Durrant, G.B., R.M. Groves, Staetsky L., F. Steele (2010). **Effects of interviewer attitudes and behaviors on refusal in household surveys**. *Publ. Opin. Q.*, **74:** 1-36.

Edwards, J. E., Paula P. N., Brown N., Talent N., Dickinson T. A., Shipley P. R. (2012). **A review of the chemistry of the genus *Crataegus.* Phytochemistry** 79: 5-26.

Edwards, J. E., Paula P. N., Brown N., Talent N., Dickinson T. A., Shipley P. R. (2012). **A review of the chemistry of the genus *Crataegus.* Phytochemistry** 79: 5-26.

Edwards, J.E.; Brown, P.N.; Talent, N.; Dickinson, T.A.; Shipley, P.R. (2012). **A review of the chemistry of the genus Crataegus**. *Phytochemistry.* 79, 5–26.

Embs, R. and P. Markakis, (1965). **The mechanism of sulfite inhibition of browning caused by polyphenol oxidase**. *J. of Food Sci*. **30**(5): p. 753-758.

Ercisli S. (2004). **A short review of the fruit germplasm resources of Turkey**. *Genetic Resour. Crop Evol*. 51: 419-435.

Ercisli S., Yanar M., Sengul M., Yildiz H., Topdas E. F., Taskin T., Zengin Y., Yilmaz K.U. (2015). **Physico-chemical and biological activity of hawthorn (Crataegus spp. L.) fruits in Turkey**, *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus,* 14(1): 83-93.

Erfani-Moghadam J., Mozafari M., Fazeli A. (2016). **Genetic variation of some hawthorn species based on phenotypic characteristics and RAPD marker**, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(2): 247-253.

Ewaidah, E. H. (1992). **Studies on commercially canned juices produced locally in Saudi Arabia: Part 3− Physicochemical, organoleptic and microbiological assessment**. *Food Chemistry*, *44*, 103‑111.

Fasogbon BM, Gbadamosi SO, Taiwo K.A. (2013). **Studies on the Osmotic Dehydration and Rehydration Characteristics of Pineapple Slices.** *J. Food Proc Tech.* 4: 220-228.

Finkel, T.; Holbrook, N.J. (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*. 408, 239–247.

Forbes-Hernandez, T.Y.; Giampieri, F.; Gasparrini, M.; Mazzoni, L.; Quiles, J.L.; Alvarez-Suarez, J.M.; Battino, M. (2014). **The effects of bioactive compounds from plant foods on mitochondrial function: A focus on apoptotic mechanisms**. *Food Chem. Toxicol*. 68, 154–182.

Fraga, C.G.; Croft, K.D.; Kennedy, D.O.; Tomás-Barberán, F.A. (2019). **The effects of polyphenols and other bioactives on human health**. *Food Funct. 10*, 514–528.

Froehlicher, T.; Hennebelle, T.; Martin-Nizard, F.; Cleenewerck, P.; Hilbert, J.L.; Trotin, F.; Grec, S. (2009). **Phenolic profiles and antioxidative effects of hawthorn cell suspensions, fresh fruits, and medicinal dried parts**. *Food Chem*. 115, 897–903.

Garcia-Mateos R., Ibarra-Estrada E. and Nieto-Angel R. (2013). **Antioxidant compounds in Hawthorn fruits (Crataegus spp.) of Mexico**. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 1298-1304.

Giampieri, F.; Alvarez-Suarez, J.M.; Battino, M. (2014). **Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity**. *J. Agric. Food Chem*. 62, 3867–3876.

González-Jiménez, F.E.; Salazar-Montoya, J.A.; Calva-Calva, G. and Ramos-Ramírez, E.G. (2018). **Phytochemical characterization, in vitro antioxidant activity, and quantitative analysis by micellar electrokinetic chromatography of hawthorn (*Crataegus pubescens*) fruit.** *Journal of Food Quality*. (22): 1-11.

Gould, G. W. (2000). **Preservation: Past, present, future**. *British Medical Bulletin, 56*, 84‑96.

Gundogdu M., Ozrenk K., Ercisli S., Kan T., Kodad O. and Hegedus A., (2013). **Organic acids, sugars, vitamin C content and some pomological characteristics of eleven hawthorn species (Crataegus spp) from Turkey**, *Biological Research*, 47 (1): 1-5.

Gundogdu, M., Ozrenk, K., Ercisli, S., Kan, T., Kodad, O., Hegedus, A. (2014). **Organic acids, sugars, vitamin C content and some pomological characteristics of eleven hawthorn species (Crataegus spp.) from Turkey**. *Biological Research* 47(1): 21-25.

Guo T.J. and Jiao P.J., (1995). **Hawthorn (Crataegus) resources in China**, *HortScience*, 30: 1132-1134.

Hakim, K. A., Sarkar, M. A. R., Khan, M. Z. H., Rahman, S. M., Ibrahim, M., Islam, M. K. (2013). **Effect of post-harvest treatments on physiochemical characters during storage of two bananas (Musa spp.L.) cv. Sabri and Amritsagar**. *International Journal of Biosciences. 3*, 168-179.

Halliwell, B.; Gutteridge, J.M.C. (1990). **Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: An overview**. *Method Enzymol*. 186, 1–85.

Hertog, M.G.L., Freskens, E.J.M., Hollmann, P.C.H., Katan, M.B., Kroumhout, D., (1993a): **Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study**. *Lancet* 342, 1007-1011.

Holubarsch, C.J.F.; Colucci, W.S.; Meinertz, T.; Gaus, W.; Tendera, M. (2008). **The efficacy and safety of Crataegus extract WS® 1442 in patients with heart failure: The SPICE trial**. *Eur. J. Heart Fail.* 10, 1255–1263.

Hummer, K.E., and Janick, J. (2009). **Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics. pp. 1-17. In: Genetics and genomics of Rosaceae**. *Springer*, New York, NY.

Hussain, I., Zeb, A., Ayub, M. (2010). **Quality attributes of apple and apricot blend juice preserved with potassium sorbate during storage at low temperature**. *Internet Journal of Food Safety,* 12, 80-86.

Hussain, I., Zeb, A., Shakir, I., Sattar Shah, A. (2008). **Combine effect of potassium sorbate and sodium benzoate on individual and blended juices of apricot and apple fruits grown in Azad Jammu and Kashmir.** *Pakistan Journal of Nutrition,* 7, 181-185.

Hussain, S. and Shaikh, T. (2016). **Ultra High Performance Liquid Chromatography (Uplc): a New Trend in Analysis**. *World J. Pharm. Res. 5*, 387–394.

Hutchings J.B. (1999). **Food Color and Appearance**, 2nd edition, Aspen Publishers, Gaithersburg,

Imbert, C. and Labbé, J. (2018). **Information report made on behalf of the information mission on the development of herbalism and medicinal plants, sectors and professions of the future**. Report N°727 registered at the Presidency of the Senate on 09/25/2018.

Iwaoka, E.; Noguchi, T.; Han, J.Y.; Lin, X.P.; Gao, M. (2007). **Preventive effect of the chinese herbal medicine "Myakuryu" on hypertension and stroke in stroke-prone spontaneously hypertensive rats.** In Proceedings of the Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology; Vol. 34.

Jayalakshmi, R. and Devaraj, S.N. (2004). **Cardioprotective effect of tincture of Crataegus on isoproterenol-induced myocardial infarction in rats**. *J. Pharm. Pharmacol.* 56, 921–926.

Kannan, S. and Thirumaran A. S. (2001). **Studies on storage life of jamun products**. *Indian Food Packer*, **55 (6)** :125-127.

Karpagavalli B. and Amutha S. (2015). **Influence of storage condition on the antioxidant activity of Pomegranate squash.** *Plant Archives* Vol. 15(1), 405-410.

Kasnazany, S.A.S., Fakhraddin M.H.S., Ali M.A.O.A. (2017). **Effect of salicylic acld and potassium meta Bisulfite on postharvest Quality of plum cvaadri**. *Journal of Agriculture Science*., 9(3):79- 91.

Keser S., Celik S., Turkoglu S., Yilmaz Ö. and Turkoglu I. (2014). **The investigation of some bioactive compounds and antioxidant properties of hawthorn (Crataegus monogyna subsp. monogyna Jacq)**. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*. 3(2): 51-56.

Khan A., Shamrez B., Litaf U., Zeb A., Rehman Z., (2014). **Effect of Sucrose Solution and Chemical Preservatives on Overall Quality of Strawberry Fruit**. *J Food Process Technol* 6: 413.

Khan M.M. (2010). **Preservation of strawberry syrup with benzoate and sorbate**. M.Sc. Theis. Dept. of Food Sci. & Tech. Agri. Uni. Peshawar.

Khoo, H.E.; Azlan, A.; Tang, S.T.; Lim, S.M. (2017). **Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits**. *Food Nutr. Res. 61*.

Koch, E.; Malek, F.A. (2011). **Standardized extracts from hawthorn leaves and flowers in the treatment of cardiovascular disorders preclinical and clinical studies**. *Planta Med. 77*, 1123–1128.

Kolasa, K.M. (2012). **Nutrients, Dietary Supplements, and Nutriceuticals: Cost Analysis Versus Clinical Benefits.** *J. Nutr. Educ. Behav. 44*.

Krebs H.A., Wiggins D., Stubbs M., Sols A., Bedoya F. (1983). **Studies on the mechanism of the antifungal action of benzoate**. *Biochem J*. 214: 657-663.

Kumar S.P., Devi P. (2011). **Optimization of some process variable in mass transfer kinetics of osmotic dehydration of pineapple slices**. *Int. Food Res J*. 18: 221-238.

Kumar S.P., Sagarand V.R. (2008). **Quality of osmovac dehydrated ripe mango slices influenced by packaging material and storage temperature**. *J Sci Industrial Res.* 67: 1108-1114.

Kumar, N.; and Goel, N. (2019). **Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications**. *Biotechnol. Reports. 24*.

Kumhar, D.S., Pareek, S., Ameta, K.D. (2014). **Effect of antioxidants and storage temperatures on browning and quality of custard apple (Annona squamosal L.) pulp**. *Journal of Scientific and Industrial Research,* 73, 622‑626.

Kuo, D.H.; Yeh, C.H.; Shieh, P.C.; Cheng, K.C.; Chen, F.A.; Cheng, J.T. (2009). **Effect of ShanZha, a Chinese herbal product, on obesity and dyslipidemia in hamsters receiving high-fat diet.** *J. Ethnopharmacol. 124*, 544–550.

Li, A.N.; Li, S.; Li, H.B.; Xu, D.P.; Xu, X.R.; Chen, F. (2014). **Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers**. *J. Funct. Foods*. 6, 319–330.

Li, W.Q.; Hu, Q.P.; Xu, J.G. (2015). **Changes in physicochemical characteristics and free amino acids of hawthorn (Crataegus pinnatifida) fruits during maturation**. *Food Chem*. 175, 50–56.

Liu, J.; Zou, S.; Liu, W.; Li, J.; Wang, H.; Hao, J.; He, J.; Gao, X.; Liu, E.; Chang, Y. (2019). **An established HPLC-MS/MS method for evaluation of the influence of salt processing on pharmacokinetics of six compounds in cuscutae semen**. *Molecules. 24*, 2502.

Liu, P.; Kallio, H.; Yang, B. (2011). **Phenolic compounds in hawthorn (Crataegus grayana) fruits and leaves and changes during fruit ripening**. *J. Agric. Food Chem.* 59, 11141–11149.

Liu, T.; Cao, Y.; Zhao, M. (2010). **Extraction optimization, purification and antioxidant activity of procyanidins from hawthorn (C. pinnatifida Bge. var. major) fruits**. *Food Chem.* 119, 1656–1662.

Ljubuncic P., Portnaya I., Cogan U., Azaizeh H., Bomzon A. (2005). **Antioxidant activity of *Crataegus aronia* aqueous extract used in traditional Arab medicine**. *J. Ethnopharmacol., 101*: 153-161.

Lock, K.; Pamerleau, J.; Causer, L.; Altmann, D.R.; McKee, M. (2005). **The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: Implications for the global strategy on diet. Bull**. *World Health Organ.* 83, 100–108.

Lorenzo, J.M.; Pateiro, M.; Domínguez, R.; Barba, F.J.; Putnik, P.; Kovacevic, D.B.; Shpigelman, A.; Granato, D.; Franco, D. (2018). **Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review.** *Food Res. Int*. 106, 1095–1104.

Lueck, F. (1990). **Food applications of sorbic acid and its salts**. *Food Additives & Contaminants,* 7, 711‑715.

Lyall, K.A.; Hurst, S.M.; Cooney, J.; Jensen, D.; Lo, K.; Hurst, R.D.; Stevenson, L.M. (2009). **Short-term blackcurrant extract consumption modulates exercise-induced oxidative stress and lipopolysaccharide-stimulated inflammatory responses**. *Am. J. Physiol. - Regul. Integr. Comp. Physiol.* 297, R70–R81.

Mandal, P. and A. Nath (2013). **Study on processing and storage stability of aonla (*Emblica officinalis)* squash.** *Beverage and Food World*, **40 (4)** :40-41.

Margaret L., Vickery B. (1997). **Plant Products of Tropical Africa**, Macmillan in College Edition, London.

Martinez, K.B.; Mackert, J.D.; McIntosh, M.K. (2017). **Polyphenols and Intestinal Health**. In *Nutrition and Functional Foods for Healthy Aging*; 2017; 191–210.

Masamba K. G.and Mndalira K. (2013). **Vitamin C stability in pineapple, guava and baobab juices under different storage conditions using different levels of sodium benzoate and metabisulphite**. *African Journal of Biotechnology*. 12(2), 186-191

Mathooko F.M., and Kinniya E.N. (2002). **Ascorbic acid retention in canned lime juice preserved with sulfur dioxide and benzoic acid. Afr**. *J. Food Agric*. Nutr. Dev. 2(1):126-139.

Matthes A., and Schmitz-Eiberger M. (2009). **Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions**. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 82, 152 – 157.

Meng, Q. J. and Wang, G. Q. (2005). **Studies on the composition of fruit nutrition matters and make use of resources in hawthorn germplasm**. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 28(1), 21–23.

Mezadri, T.; Villano, D.; Fernandez-Pachon, M.S.; Garcia-Parrilla, M.C.; Troncoso, A.M. (2008). **Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (Malpighia emarginata DC.) fruits and derivatives.** *J. Food Compos. Anal*. 21, 282–290.

Mironeasa S., Sănduleac T.E.. Iuga M, (2016). **Physico-chemical characteristics, antioxidant activity and minerals content of hawthorn fruits from Suceava County**, V(XV), 2: 108 ‑ 116.

Mishra B., Gautam S., Sharma A. (2011). **Shelf life extension of sugarcane juice using preservatives and gamma radiation processing**. *J. Food Sci.* 76(8):573-578.

Mohamed, S., Othman E., Abdullah F., (1988). **Effect of chemical treatments on the shelf life of rambutans (Nephelium lappaceum)- II. Pertanika**, ***11****(3): p. 407- 417.*

Muhammad, A., Ayub, M., Zeb, A., Durrani, Y., Ullah, J., Afridi, S. U. R. (2011). **Physicochemical analysis of apple pulp from Mashaday variety during storage**. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2, 192‑196.

Napolitano, A., Cascone, A., Graziani, G., Ferracane, R., Scalfi, L., Di Vaio, C., Ritieni, A., Fogliano, V. (2004). **Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh.** *J. Agric. Food Chem*. 52, 6526-6531.

Nazhand A., Lucarini M., Durazzo A., Zaccardelli M., Cristarella S., Souto S., Silva A., Severino P., Souto E., Santini A. (2020). **Hawthorn (Crataegus spp.): An Updated Overview on Its Beneficial Properties**. *Forests*, 11, 564.

Nisar R., Baba W. N. and Masoodi F. A. (2015). **Effect of chemical and thermal treatments on quality parameters and antioxidant activity of apple (pulp) grown in high Himalayan regions**. *Cogent Food & Agriculture*. 1: 1063797.

Oliver, S.; Vittorio, O.; Cirillo, G.; Boyer, C. (2016). **Enhancing the therapeutic effects of polyphenols with macromolecules.** *Polym. Chem.* 7, 1529–1544.

Ordonez A.A., Gomez J.D., Vattuone M.A., Lsla M.I. (2006). **Antioxidant activities of Sechium edule (Jacq.) Swartz extracts.** *Food Chem*; 97:452–8.

Orhan, I.; Özçelik, B.; Kartal, M.; Özdeveci, B.; Duman, H. (2007). **HPLC Quantification of Vitexine-2"-O-rhamnoside and Hyperoside in Three Crataegus Species and Their Antimicrobial and Antiviral Activities**. *Chromatographia.* 66, 153–157.

Ozcan M., Haciseferogullari H., Marakoglu T., Arslan D. (2005). **Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: Some physical and chemical properties.** *J. Food Eng*., 69: 409-413.

Ozcan, M., Hacısefero, H., Marakoglu, T., Arslan, D., (2005). **Hawthorn (Crataegus spp.) fruit: some physical and chemical properties**. *J. Food Eng*. 69, 409‑413.

Özderin, S., and Fakir, H. (2015). **Some botanical properties of hawthorn (Crataegus L. spp.) taxa natural distributed in the Western Anatolia part of Turkey**. *International Journal of Agricultural and Research* 4: 567-572.

Öztürk, N.; Tunçel, M. (2011). **Assessment of phenolic acid content and in vitro antiradical characteristics of hawthorn**. *J. Med. Food. 14*, 664–669.

Özyürek M, Bener M, Güçlü K, Dönmez A, Süzgeç-Selçuk S, Pırıldar S, Meriçli A. and Apak R. (2012). **Evaluation of Antioxidant Activity of *Crataegus* Species Collected from Different Regions of Turkey**. *J. Records of natural products* 6:3 263-277.

Perez-Jimenez J., Arranz S. and Tabernero M. (2008). **Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: extraction, measurement and expression of results**, *Food Research International*, 41, (4): 274–285.

Plaza, L., Sanchez-Moreno C., Ancos B. D., Elez-Martinez P., Martin-Belloso O., Cano M. P. (2011). **Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization**. *LWT - Food Science and Technology*, **44**: 834-839.

Prinz, S., Ring, A., Huefner, A., Pemp, E., Kopp, B. (2007). **42"-Acetylvitexin-2" -O-rhamnoside, isoorientin, orientin, and 8-methoxykaempferol-3-O-glucoside as markers for the di erentiation of Crataegus monogyna and Crataegus pentagyna from Crataegus laevigata (Rosaceae).** *Chem. Biodivers*. 4, 2920–2931.

Rameau, J.C., Mansion, D., Dumé, G., Gauberville, C. (2018). **Flore florestière française**, *tome 1*.

Ramos, A.S., Souza, R.O.S., Boleti, A.P.D.A., Bruginski, E.R.D., Lima, E.S., Campos, F.R., Machado, M.B. (2015). **Chemical characterization and antioxidant capacity of the araca pera (Psidium acutangulum): An exotic Amazon fruit**. *Food Res. Int*. 75, 315–327.

Ranganna, S. (1991). **Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products.** New Delhi: Tata McGraw-Hill. P: 186‑189.

Rathod, A.S., Shakya, B.A., and Ade, K.D. (2014). **Studies on effect of thermal processing on preparation of bale fruit blended with anole**. *International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, 2, 1‑6.

Ringl, A., Prinz, S., Huefner, A., Kurzmann, M., Kopp, B. (2007). **Chemosystematic value of flavonoids from Crataegus x macrocarpa (Rosaceae) with special emphasis on (R)- and (S)-eriodictyol-7-O-glucuronide and luteolin-7-O-glucuronide.** *Chem. Biodivers.* 4, 154–162.

Robbins, R.J. (2003). **Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology**. *J. Agric. Food Chem.* 51, 2866–2887.

Roselló-Soto, E., Barba, F.J., Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Gómez, B., Moltó, J.C. (2019). **Phenolic profile of oils obtained from "horchata" by-products assisted by supercritical-CO2and its relationship with antioxidant and lipid oxidation parameters: Triple TOF-LC-MS-MS characterization**. *Food Chem*. 274, 865–871.

Sadasivam, S. and A. Manickam (2008). ***Biochemical methods*,** 3rd Ed., New Age International (P) Limited Publishers, 203- 206.

Saini R.S., Sharma K.D., Dhankar O.P., Kaushik R.A. (2000). **Laboratory manual of analytical techniques in Horticulture**. *Agrobios Pub, Jodphur*. India. 72.

Samanta, A., Das, G., Das, K.S., Das, S. (2011). **Roles of flavonoids in plants**. *Carbon N. Y. 6*, 12–35.

Sanchez-Moreno C., Larrauri J. A., and Saura-Calixto F. (1998). **A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols**, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 270, no. 2, pp. 270–276.

Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L., (2005b): **Dietary polyphenols and the prevention of diseases.** *Crit. Rev. Food Sci*. 45, 287-306.

Serçe, S., ¸Sim¸sek, Ö., Toplu, C., Kamiloˇ glu, Ö., Çali¸skan, O., Gündüz, K., Özgen, M., Kaçar, Y.A. (2011). **Relationships among Crataegus accessions sampled from Hatay, Turkey, as assessed by fruit characteristics and RAPD. Genet. Resour**. *Crop Evol.* 58, 933–942.

Shah, W.H., Sufi, N.A., Zafar, S.I. (1975). **Studies on the storage stability of guava fruit juice**. *Pakistan Journal of Science Industrial Research*, 18, 179‑183.

Sharma, S., Vaidya, D., Rana, N. (2013). **Development and quality evaluation of kiwi-apple juice concentrate**. *Indian Journal of Applied Research, 3*, 229‑231.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). **Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Oxidants and Antioxidants**, *PT A Book Series: Methods in Enzymology*, *299*, 152–178.

Sirohi, D., Patel, S., Choudhary, P. L., Sahu, C. (2005). **Studies on preparation and storage of whey-based mango herbal Pudina (Mentha arvensis) beverage**. *Journal of Food Science and Technology*, 42, 157‑161.

Stintzing, F.C., Carle, R., Frei, B., Wrolstad, RE. (2002). **Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments**. *Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6172-6180.

Stoenescu A.M and Cosmulescu S. (2020). **Variability of Morphological Characteristics in Hawthorn (Crataegus monogyna L.) Fruit genotypes**. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*. V(11) 1, 15 – 26.

Svedström, U., Vuorela, H., Kostiainen, R., Huovinen, K., Laakso, I., Hiltunen, R., Svedstrom, U., Vuorela, H., Kostiainen, R., Huovinen, K. (2002). **High-performance liquid chromatographic determination of oligomeric procyanidins from dimers up to the hexamer in hawthorn**. *J. Chromatogr. A.* 968, 53–60.

Swaminathan, J.K., Khan, M., Mohan, I.K., Selvendiran, K., Devaraj, S.N., Rivera, B.K., Kuppusamy, P. **Cardioprotective properties of Crataegus oxycantha extract against ischemia-reperfusion injury.** *Phytomedicine 17*, 744–752.

Tabart, J., Kevers, C., Sipel, A., Pincemail, J., Defraigne, J.O., Dommes, J. (2007). **Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage.** *Food Chem. 105*, 1268–1275.

Tadić, V.M., Dobrić, S., Marković, G.M., Dordević, S.M., Arsić, I.A., Menković, N.R., Stević, T. (2008). **Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract**. *J. Agric. Food Chem. 56*, 7700–7709.

Tadic, V.M., Dobric, S., Markovic, G.M., Dordevic, S.M., Arsic I.A., Menkovic N.R. Stevic T. (2008). **Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radicalscavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract**, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 7700‑7709.

Tomczak, D.W. (2007). **Changes in antioxidant activity of black chokeberry juice concentrate solutions during storage.** *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6 (2) :49-55.

Turkoglu N., Kazankaya A. and Sensoy RI. (2005). **Pomological characteristics of hawthorn species found in Van Region,** *Journal of Agricultural Sciences*, 15: 17-21.

Turkoglu N., Kazankaya A. and Sensoy RI. (2005). **Pomological characteristics of hawthorn species found in Van Region,** *Journal of Agricultural Sciences*, 15: 17-21.

Turkoglu N., Kazankaya A. and Sensoy RI. (2005). **Pomological characteristics of hawthorn species found in Van Region,** *Journal of Agricultural Sciences*, 15: 17-21.

Usenik V., Fabric J., Stampar F. Sugars. (2007). **Organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.)**. *Food Chem*., 107:185-92.

Valls, J., Millán, S., Martí, M.P., Borràs, E., Arola, L. (2009). **Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols.** *J. Chromatogr. A.* 1216, 7143–7172.

Vasco, C., Ruales, J., Kamal-Eldin, A. (2008). **Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador.** *Food Chem.* 111 (4), 816–823.

Vieira, F.G.K., Borges, G.D.C., Copetti, C., Amboni, R.D.M.C., Denardi, F., Fett, R. (2009). **Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (Malus domestica Borkh) grown in southern Brazil**. *Scientia Horticulturae,* 122, 421‑425.

Walker A.F., Marakis G., Simpson E., Hope J.L., Robinson P.A., Hassanein M., Simpson H.C. (2006). **Hypotensive effects of hawthorn for patients**. *Ovid Medlin. J. Gen. Pract.* 56, 437–443.

Wang, J., Xiong, X., Feng, B. (2013). **Effect of Crataegus Usage in Cardiovascular Disease Prevention: An Evidence-Based Approach**. *Evidence-Based Complement. Altern. Med. 2013*, 1–16.

Watson, R.R., Preedy, V.R., Zibadi, S. (2013). **Polyphenols in Human Health and Disease**. Vol. 1(2).

Wisal S., Ullah J., Zeb A., Khan M.Z. (2013). **Effect of refrigeration temperature, sugar concentrations and different chemicals preservatives on the storage stability of strawberry juice.** *Int J Engg Tech*. 13: 160-168.

Wu J., Peng W., Qin, R., Zhou, H. (2014). **Crataegus pinnatifida: Chemical Constituents, Pharmacology, and Potential Applications.** *Molecules.* 19, 1685–1712.

Xu H., Xu H.E., Ryan, D.A. (2009). **Study of the Comparative Effects of Hawthorn Fruit Compound and Simvastatin on Lowering Blood Lipid Levels**. *Am. J. Chin. Med.* 37, 903–908.

Yadav R., Tripathi, A.D., Jha, A. (2013). **Effect of storage time on the physicochemical properties and sensory attributes of Aloe vera ready-to-serve (RTS) beverage**. *International Journal of Food, Nutrition and Public Health,* 6, 173‑192.

Yanar, M., Ercisli, S., Yilmaz, K.U., Sahiner, H., Taskin, T., Zengin, Y., Celik, F. (2011). **Morphological and chemical diversity among hawthorn (Crataegus spp.) genotypes from Turkey.** *Scientific Research and Essays*. 6(1): 35-38.

Yang B., Liu, P. (2012). **Composition and health effects of phenolic compounds in hawthorn (Crataegus spp.) of different origins.** *J. Sci. Food Agric. 92*, 1578–1590.

Ye X.L.I., Huang W.W., Chen, Z., Li X.G., Li P., Lan, P., Wang, L., Gao, Y., Zhao Z.Q.I., Chen X. (2010). **Synergetic effect and structure-activity relationship of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase inhibitor from crataegus pinnatifida**. *J. Agric. Food Chem.* 58, 3132–3138.

Yilmaz K.U., Yanar M., Ercisli S., Sahiner H., Taksin T., Zengin Y. (2010). **Genetic relationships among some hawthorn (*Crataegus* spp.) species and genotypes.** *Biochem. Gen*., 48: 873-878.

Yin M., and Cheng, W. (2003). **Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef**. *Meat Sci*. 63, 23–28.

Ying X., Wang R., Xu J., Zhang W., Li H., Zhang C., Li F. (2009). **HPLC determination of eight polyphenols in the leaves of Crataegus pinnatifida Bge. var. major**. *J. Chromatogr. Sci. 47*, 201–205.

Zapfe, G. (2005). **Clinical efficacy of Crataegus extract WS 1442 in congestive heart failure NYHA class II**. *Phytomedicine*. 8, 262–266.

Zewter A., Woldetsadik, K., Workneh, T.S. (2012). **Effect of 1-methylcyclopropene, potassium permanganate and packaging on quality of banana.** *African Journal of Agricultural Research, 7,* 2425‑2437.

Zhang P.C., and Xu S.X. (2001). **Flavonoid ketohexosefuranosides from the leaves of Crataegus pinnatifida Bge. var. major N.E.Br**. *Phytochemistry*. 57, 1249–1253.

Zhang Z., Chang Q., Zhu M., Huang Y., Ho W.K.K., Chen Z.Y. (2001**). Characterization of antioxidants present in hawthorn fruits**. *J. Nutr. Biochem*. 12, 144–152.