دراسة تأثير التجفيف الشمسي لشرائح التفاح في لونها ومحتواها من حمض الأسكوربيك والمركبات الفينولية

نور زين العابدين [1]* ومحمد مصري[1] ورمضان عطرة[1]

(1). قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث، حمص، سورية.

(*للمراسلة: م. نور زين العابدين. البريد الإلكتروني: noor.zien@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 2021/07/7 تاريخ القبول: 2021/08/9

الملخص

يتم تجفيف التفاح واستخدامه كوجبات غذائية خفيفة لغناه بالمركبات الفينولية ومضادات الأكسدة وحمض الأسكوربيك والمعادن والفيتامينات. لذلك هدف هذا البحث لدراسة تأثير عملية التجفيف الشمسي المباشر والتجفيف الشمسي غير المباشر، بواسطة مجفف شمسي هجين تم تصميمه في هذه الدراسة، في محتوى شرائح التفاح من الرطوبة والفعالية المائية وحمض الأسكوربيك والمركبات الفينولية، وتغير اللون، وتأثير عملية تخزين المنتج المجفف لمدة ستة أشهر حيث قدرت تلك المؤشرات خلال ست فترات تخزين (0، 15، 30، 60، 120، 180 يوم). بينت النتائج ارتفاع نسبة الرطوبة معنوياً ($P<0.05$) في الشرائح المجففة بالتجفيف الشمسي المباشر من 14.517% في بداية التخزين إلى17.521% في نهاية التخزين بينما في المجفف الهجين من11.218% في بداية التخزين إلى 14.209% في نهاية التخزين، كما ارتفعت قيم الفعالية المائية معنوياً بالتجفيف المباشر من 0.431 في بداية التخزين إلى 0.511 في نهاية التخزين وفي المجفف الهجين من0.318 إلى 0.425. تغيرت جميع معاملات اللون معنوياً خلال التخزين اعتماداً على طريقة التجفيف أظهرت النتائج أن لون العينة المجففة باستخدام المجفف الهجين أفضل وأقرب للعينة الطازجة. لوحظ تراجع لمحتوى حمض الأسكوربيك من بداية التخزين إلى نهايته بالتجفيف المباشر من 45.296 مغ/100غ إلى 22.5مغ/100غ وزن جاف، وفي المجفف الهجين من 65.741 مغ/100غ وزن جاف إلى 32.5مغ/100غ وزن جاف. كما تراجع محتوى الفينولات الكلية معنوياً من بداية التخزين إلى نهايته. بينت النتائج أن نسبة الرطوبة أخفض بالمجفف الهجين بنسبة 3.299% مقارنة مع التجفيف الشمسي المباشر، واحتفاظ المنتج بلون أفضل ومحتوى أعلى من حمض الأسكوربيك والفينولات الكلية وبالتالي جودة أفضل مقارنة بالتجفيف الشمسي المباشر.

الكلمات المفتاحية: التجفيف الشمسي، التفاح المجفف، المجفف الهجين، حمض الأسكوربيك، الفينولات الكلية.

المقدمة:

هناك علاقة ما بين تناول الفاكهة والخضروات وتحسن الحالة الصحية، إذ تملك بعض المركبات النشطة بيولوجياً الموجودة في الفواكه والخضروات خصائص تساعد في الوقاية من تطور بعض الأمراض، مثل السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية والسكري والاضطرابات الرئوية ومرض الزهايمر وأمراض أخرى (Boeing *et al.*, 2012). وتشير الأبحاث العلمية إلى أن التأثير الوقائي للفواكه والخضروات يرجع جزئياً إلى محتواها الكيميائي النباتي، مثل الكاروتينات والفلافونويد والأحماض الفينولية، ويحتل التفاح المرتبة الثانية من حيث المركبات الفينولية الحرة الذوابة (Sansone *et al.*, 2018) حيث يحتل المرتبة الأولى التوت البري (Cranberry) (Sun *et al.*, 2002).

تختلف أصناف التفاح من حيث التركيب الكيميائي وفقاً لمحتوها من المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة والفيتامينات والكاروتينات (Henrequez *et al.*, 2010)، ونظراً لوجود العديد من المواد الكيميائية المفيدة للصحة حتى بعد تجفيف الفاكهة، فإن تناول الفواكه المجففة بانتظام يمكن أن يؤدي إلى فوائد صحية مختلفة، تعتبر الفواكه المجففة مصادر أساسية للبوتاسيوم والألياف الغذائية مع كمية قليلة من الدهون، وبعض المركبات الكيميائية (مثل الأنتوسيانيدين والكاروتينات والفلافونول والأحماض الفينولية) والتي تتمتع بخواص مضادة للأكسدة لذلك فإن الفواكه المجففة مهمة لصحة الإنسان في توفير الغذاء الصحي. (Chang *et al.*, 2016). ويتم تجفيف التفاح واستخدامه كوجبات خفيفة لغناه بالمركبات الفينولية ومضادات الأكسدة. ويمكن أن تتفكك المركبات الفينولية المختلفة بنسب مختلفة حسب طريقة التجفيف المتبعة، ويُعزى هذا السلوك المتنوع إلى اختلافها البنيوي لأن فاعلية المركبات الفينولية تعتمد على موضع المجموعات الوظيفية الموجودة فيه (Carunchia *et al.*, 2015).

إن الفواكه المجففة تساعد في التقليل من مخاطر الإصابة بمرض السكري وهي مفيدة في العلاج الغذائي الطبي لحالات ارتفاع السكر في الدم،(Alasalvar and Shahidi, 2013).

درس العالم Aldosari عام 2014 تأثير طريقة التجفيف ودرجة الحرارة في لون تفل التفاح، كما درس تأثر النشاط المضاد للأكسدة الكلي لتفل التفاح المجفف بثلاث طرق تجفيف مختلفة؛ التجفيف بالتجميد والتجفيف بالأسطوانة والتجفيف الشمسي. كانت العينة المجففة بالتجميد هي الأعلى في قيم المتغير L* الخاص باللون الذي يعبر عن إضاءة العينة أما عينات التجفيف الشمسي بالخزانة كانت أعلى متوسط قيم a* b* ، أظهرت طريقة التجفيف تأثير معنوي على مضادات الأكسدة الكلية للعينة المجففة من تفل التفاح، واحتوت العينة المجففة بالتجميد على أعلى مستويات من الفينولات الكلية، وأقلها في العينة المجففة بالأسطوانة.

وكذلك درس الباحث Cruz وزملاؤه عام 2015 تأثير تجفيف صنفين من التفاح (Golden Deliciousو Granny Smith) على محتواها من الحموضة والسكريات فلوحظ انخفاض الحموضة وكمية السكريات مقارنة مع الفاكهة الطازجة، أما بالنسبة للون فلوحظ أن العينات المجففة ذات لون أغمق مقارنة مع الفاكهة الطازجة، أي أن اللون الأصفر أصبح أكثر كثافة، وكما درس أثر التجفيف على الخصائص التركيبية للتفاح من ناحية الصلابة والتماسك فكانت عينات الصنف Granny Smith أقسى ومتماسكة بشكل أفضل.

درس العالم Mariane وآخرون عام 2015 محتوى الفينولات الكلي والقدرة المضادة للأكسدة لبعض أصناف الفواكه والخضار الطازجة والمجففة. وتبين أن توت العليق والباذنجان المجفف يحتوي على أعلى نسبة من المركبات الفينولية الكلية والأنتوسيانين. وتراوحت نسبة الاحتفاظ بالفينولات بعد التجفيف من 8.5٪ (في السبانخ) إلى 92.1٪ (التفاح الأحمر). وتم الحصول على أدنى قيم للفعالية المضادة للأكسدة في الجزر والبندورة المجففة، وأثبتت النتائج أن المنتجات المجففة التي تم الحصول عليها هي مصادر جيدة لمضادات الأكسدة الطبيعية مثل المركبات الفينولية وتمتلك نسبة عالية من القدرة المضادة للأكسدة ونظراً لأن الفواكه والخضار الطازجة قابلة للتلف بشكل كبير، فمن المفضل استخدام عملية التجفيف كبديل للحفاظ على معظم خصائصها التغذوية كون من أهم ميزات عملية التجفيف انخفاض التكلفة، لذلك تعدّ الفواكه والخضار المجففة بديلاً ممتازاً ومنخفض التكلفة لاستخدامه كأطعمة أو أغذية وظيفية.

درس العالم Vega–Gelvez وآخرون عام 2012 تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على حركية التجفيف (انخفاض نسبة الرطوبة مع تقدم زمن التجفيف) وخصائص الجودة لشرائح التفاح (Granny Smith) أثناء التجفيف. أجريت التجارب عند 40 و60 و80 °م، وبسرعات هواء 0.5 و1.0 و1.5م/ثا، أظهرت النتائج زيادة انتشار الرطوبة الفعال مع زيادة درجة الحرارة وسرعة الهواء، ولون العينات المجففة عند 80 °م أفضل مقارنة مع باقي العينات. وللعينات المجففة عند 40 °م و0.5م/ثا أعلى نشاط مضاد للأكسدة لجذر DPPH مقارنة مع العينات الآخرى كما لوحظ انخفاض إجمالي الفينولات مع ارتفاع درجة الحرارة حيث كلما ارتفعت درجة حرارة التجفيف انخفضت كمية الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة أي يوجد ارتباط إيجابي بين كمية الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة وفقاً لهذه الدراسة.

ينخفض محتوى الرطوبة أثناء عملية التجفيف، وكلما كانت درجة حرارة التجفيف أعلى، كلما انخفض زمن التجفيف، حيث يزداد معدل تبخر الماء من المنتج مع زيادة درجة الحرارة (Bora *et al.*, 2018; Górnicki *et al.*, 2020).

تعتبر شرائح التفاح المجففة مستقرة من الناحية الميكروبية في درجة حرارة الغرفة وذلك بسبب الفعالية المائية المنخفضة والبريكس المنخفض أيضاً(Demarchi *et al.*,2013)

وفقاً لـ Sagar and Kumar (2010)، يتباطئ نمو البكتيريا المسببة للأمراض عند فعالية مائية أقل من 0.85 أما الخمائر والفطور فهي أكثر تحملاً ويمكن تثبيطها فقط عند أقل من 0.62، يؤدي انخفاض محتوى الرطوبة في المادة الغذائية إلى انخفاض الفعالية المائية والعكس صحيح(Nyangena *et al.*,2019) .

ترتبط معظم الاختلافات اللونية أثناء التجفيف بتشكل اللون البني الذي يمكن أن ينتج عن التفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية.

يحدث الاسمرار الإنزيمي في الفاكهة بسبب أكسدة المركبات الفينولية بواسطة أنزيم البولي فينول أوكسيداز، والذي ينتج عنه أصبغة بنية اللون تسمى (الميلانين).

من ناحية أخرى، قد ينتج اللون البني عن طريق تفاعلات غير الأنزيمية مثل الكرملة، وأكسدة حمض الأسكوربيك، وتتأثر هذه التفاعلات بالنشاط المائي، ودرجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتركيب الكيميائي للمنتج.

ترتبط التغيرات اللونية في الأغذية المجففة التي تحتوي على الكربوهيدرات (خاصة الفواكه)، بوجود كمية عالية من السكريات المرجعة مثل الغلوكوز والفركتوز، حيث تتفاعل هذه المركبات مع المجموعات الأمينية من البروتينات وتخضع لتفاعل ميلارد

أثناء التعرض للهواء في درجات حرارة عالية وأزمنة تجفيف طويلة ووجود كمية من الماء. بالإضافة إلى ذلك، تظهر تغيرات اللون بسبب تدهور بعض المركبات الحساسة للحرارة مثل الأنتوسيانين والكاروتين، مما يؤدي إلى فقدانها لوظيفتها ولونها. يمكن أن يؤدي التجفيف السريع للمنتج إلى محتوى رطوبة بنسبة 15–20٪ إلى تقليل وقت تفاعل ميلارد. لهذا السبب، يتم دائماً السعي لخفض زمن التجفيف من أجل تحقيق المحتوى الرطوبي المطلوب مع تقليل وقت الاسمرار (Calín–Sánchez *et al.*, 2020). أي أن تغير اللون أثناء التجفيف ناتجاً عن عوامل مختلفة، مثل تفاعل ميلارد، وتفكك الأصبغة، والاسمرار الأنزيمي، وأكسدة حمض الأسكوربيك، وعوامل أخرى (Kahraman *et al.*, 2021).

يختلف محتوى التفاح من حمض الأسكوربيك وفقاً للتركيب الوراثي والموقع الجغرافي والظروف البيئية خلال موسم النمو والممارسات الزراعية وظروف التخزين والمعالجة. (Bassi *et al.*, 2017)، يتأكسد حمض الأسكوربيك إلى حمض ديهيدروكوربيك، يليه التحلل المائي إلى حمض 2، 3، ديكيتوغولونيك والمزيد من الأكسدة والبلمرة لتشكيل مجموعة واسعة من المنتجات الأخرى غير النشطة من الناحية التغذوية، يعتبر حمض الأسكوربيك أكثر حساسية للحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي المباشر (Sonawane and Arya, 2015).

مبررات البحث: يتزايد الاهتمام بإنتاج التفاح المجففة بسبب إمكانية استخدامها في أغراض مختلفة ويعتمد الريف السوري على تجفيف الخضار والفواكه لاستخدامها في غير موسمها بعد تخزينها لمدة مختلفة وباعتبار القطر العربي السوري من المناطق التي يناسب مناخها عملية التجفيف في الصيف وأوائل الخريف حيث يتم جني المحاصيل الزراعية فكان لابد من استغلال هذه الميزة في تجفيف وحفظ الأغذية ومن هنا جاءت فكرة دراسة تجفيف شرائح التفاح.

هدف البحث:

1. تجفيف شرائح التفاح باستخدام أشعة الشمس المباشرة والمجفف الشمسي الهجين.
2. دراسة تأثير طريقتي التجفيف في محتوى الرطوبة والفعالية المائية وكمية الفينولات الكلية وحمض الأسكوربيك ولون شرائح التفاح المجففة خلال التخزين.

مواد وطرائق البحث:

مواد البحث: نفذ هذا البحث في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية قسم الهندسة الغذائية وفي مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة – جامعة البعث في موسم 2019–2020 واستخدمت في هذه الدراسة:

- ثمار تفاح (صنف غولدن ديليشس)
- تم الحصـــول عليها من الســـوق المحلية في مدينة حمص وتم شـــراء 10 كيلو من التفاح وقد أجريت عليها عمليات الفرز والغسيل والتقطيع آلياً باستخدام محضرة طعام إلى شرائح بسماكة 5ملم (كونها الأنسب لعملية التجفيف).
- أكياس من البولي بروبيلن المستخدمة بالتغليف سعة 1كيلوغرام، حيث تم تغليف كل شريحة لوحدها وباستخدام آلة اللحام تم التغليف على مقدار حجم الشريحة المجففة فقط كما في الشكل رقم(1)

شكل (1) شريحة التفاح المجففة

طرائق البحث:

– **التجفيف:** تم تقسيم شرائح التفاح المقطعة إلى قسمين:

- قسم تم تجفيفه تحت أشعة الشمس المباشرة.
- قسم تم تجفيفه في المجفف الشمسي الهجين الذي تم تصميمه وتركيبه في مخابر قسم الهندسة الغذائية الموضح في الشكل رقم(2)

خزنت شـــرائح التفاح المجففة (يتراوح وزن الشـــريحة المجففة 1.5–1.6 غرام) لمدة 6 أشـــهر ضـــمن أكياس من البولي بروبيلن بدرجة حرارة الغرفة (3±20 °م) لمدة 6 أشهر ودراسة تغير محتوى الرطوبة والفينولات الكلية وحمض الأسكوربيك ولون شرائح التفاح في الفترات من تشرين الثاني 2019 إلى نيسان 2020.

❖ **التجفيف تحت أشعة الشمس المباشرة:**

تم وضع شرائح التفاح في صواني ستانلس ستيل تحت أشعة الشمس المباشرة حتى الانتهاء من عملية التجفيف (ثبات الوزن) احداثيات موقع التجفيف (34.71185595–36.707767686).

❖ **المجفف الشمسي الهجين:**

يتألف من الأجزاء التالية:

- حجرة تجفيف تحتوي 4 صواني تجفيف الموضحة بالشكل رقم(3).
- مقياس درجة حرارة ورطوبة نسبية داخل حجرة التجفيف وفي الجو المحيط.
- غرفة التشغيل وتحتوي على: مشع حراري، مضخة 12 فولت لتدوير الماء، قاطع كهربائي لتشغيل الأجزاء الكهربائية، مروحة توجيه للهواء الساخن، مشع حراري أفقي عند قاعدة حجرة التجفيف.
- ألواح تغذية بالطاقة الشمسية.
- مدخرة تغذية 12 فولت.

شكل(2) المجفف الشمسي الهجين المستخدم في البحث

استخدم مجفف شمسي هجين يعتمد على مبدأ تسخين الماء باستخدام وحدة تسخين مياه بالطاقة الشمسية، ومن ثم تمرير الماء الساخن ضمن حجرة التجفيف عبر مشعات مخصصة لهذا الغرض، حيث يستخدم في هذا المجفف مشعان أحدهما في قاعدة حجرة التجفيف (حمل طبيعي) والثاني جانبي مزود بمروحة دفع للهواء الساخن متعددة السرعات. يجري تدوير الماء ضمن الدارة باستخدام مضخة 12 فولت تعمل بالتيار المستمر وتستخدم لذلك ألواح طاقة شمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وتخزينها في بطارية 12 فولت مخصصة لتأمين التغذية للأجزاء الكهربائية من الجهاز. تم وضع حساسات لقياس درجة حرارة الماء والهواء داخل غرفة التجفيف والرطوبة النسبية للهواء المعاد تدويره.

شكل(3) رفوف التجفيف

تم تجفيف العينات في المجفف الشمسي الهجين والتجفيف الشمسي المباشر في بداية شهر تشرين الثاني، وتسجيل درجات الحرارة من الساعة 10 صباحاً وحتى الساعة 6 مساءاً (خلال أوقات التجفيف)، استغرقت عملية التجفيف في المجفف الشمسي الهجين حوالي 22 ساعة أما التجفيف الشمسي الطبيعي حوالي 48 ساعة وذلك على أساس الساعات المشمسة. بلغت درجات الحرارة بشكل وسطي ضمن المجال الموضح في الجدول رقم(1).

جدول(1) متوسط درجات الحرارة أثناء عملية التجفيف لطريقتي التجفيف (°م).

الموقع	نوع التجفيف	درجة الحرارة °م
الجو المحيط (شمس)	شمسي مباشر	18-23
الجو المحيط (ظل)	شمسي مباشر	14-17
درجة الحرارة ليلاً	شمسي مباشر	12-14
المياه الخارج من الطاقة الشمسية باتجاه حجرة التجفيف	شمسي هجين	65-80
الهواء داخل حجرة التجفيف	شمسي هجين	50-60
الهواء المعاد تدويره	شمسي هجين	50-55

يلاحظ من الجدول(1) اختلاف درجات الحرارة بشكل واضح وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة الجو مع تقدم ساعات النهار حيث تؤدي زيادة الإشعاع الشمسي إلى زيادة الطاقة المنتزعة بواسطة المجمع الشمسي المائي وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الماء وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الهواء داخل غرفة التجفيف. كما تم تسجيل الرطوبة النسبية للهواء المعاد تدويره إلى داخل حجرة التجفيف وكانت تتراوح ضمن المجال 10–23% وذلك حسب أوقات التجفيف.

طرائق التحليل:

الرطوبة: حددت الرطوبة في العينات تبعاً لطريقة الموصوفة في (AOAC, 2000) حيث يتم التجفيف على الدرجة 105°م حتى ثبات الوزن.

الفعالية المائية: حددت الفعالية المائية باستخدام جهاز الفعالية المائية Axier Ltd Novasina instrumen وفق (Madrau *et al.*, 2009) ويوضح الشكل رقم (4) جهاز الفعالية المائية، توضع العينة داخل الجهاز ثم يضغط على زر البدء بالقياس ثم تظهر نتيجة الفعالية المائية على الجهاز

شكل(4) جهاز الفعالية المائية

قياس اللون: تم قياس اللون باستخدام جهاز Spectrocolorimeter (CM 3500 d, Konica.Minolta, Japan) ، الذي يعمل وفقاً لنظام قياس اللون CIE (Commission International de l´Eclairage)، يستخدم الجهاز مصدراً ضوئياً قياسياً (Illuminant standard D65) وهو ضوء نهار متوسط متضمن أشعة UV. حيث تتم أولاً معايرة الجهاز على اللونين الأبيض والأسود ثم يتم قياس لون العينة بوضعها ضمن عبوة شفافة على عدسة الجهاز الذي يعطينا عدة خيارات لتحديد اللون نختار منها a* (الأخضر– الأحمر) وتتراوح قيمه ضمن المجال (−60÷+60) حيث تدل الأرقام السالبة للون الأخضر والأرقام الموجبة للون الأحمر و b* (الأزرق– الأصفر) ويتراوح ضمن المجال (−60÷+60) حيث

تدل الأرقام السالبة للون الأزرق والأرقام الموجبة للون الأصفر و*L (الأبيض–الأسود) ويتراوح ضمن المجال (0–100) حيث يعطي اللون الأسود القيمة0 واللون الأبيض القيمة 100. ويوضح الشكل (5) جهاز قياس اللون

شكل(5) جهاز اللون

تحديد حمض الأسكوربيك: قُدر حمض الأسكوربيك وفق (AOAC, 2000)، حيث حُضر محلول صبغة 6،2 ثنائي كلور فينول أندو فينول بتركيز 0.08 غ/100مل ماء مقطر، وحُضر محلول الاستخلاص بحل 15غ من حمض ميتا فوسفوريك في 40 مل حمض خل ثلجي وأُكمل المزيج حتى 500 مل بالماء المقطر، وحُضر محلول حمض الأسكوربيك القياسي بإذابة 100 مع حمض أسكوربيك في 500 مل من محلول الاستخلاص، ثم قُدرت قوة الصبغة بمعايرة 5مل من محلول حمض الأسكوربيك القياسي مباشرة بمحلول الصبغة حتى الحصول على لون وردي ثابت مدة 15 ثانية، وحُسب عدد ميلي غرامات حمض الأسكوربيك المكافئة لـ 1مل مل محلول صبغة (قوة الصبغة).

قوة الصبغة= كمية فيتامين C المعايرة (مغ) /حجم الصبغة المستهلكة (مل).

أُخذ 1غ من العينات المجففة وأُضيف له 50 مل من محلول الاستخلاص وتمّت معايرته بمحلول الصبغة، ثم حُسب تركيز فيتامين C في العصير وفق المعادلة الآتية:

$$\text{تركيز فيتامين } C\left(\frac{mgr}{100g}\right) = \frac{\text{قوة الصبغة} \times \text{حجم الصبغة المستهلك } ml \times \text{معامل التمديد} \times 100}{\text{وزن العينة gr}}$$

تحديد المركبات الفينولية: حُضرت العينة لاختبار الفينولات الكلية وفق (Agbor *et al.*,2014) لإجراء طريقة فولين، حيث أخذ 1غ من العينة وأُكمل الحجم حتى 20مل بالميتانول 80 %، حُرك المزيج باستخدام سرير متحرك (SELECTA ROTATERM) لمدة 30دقيقة ثم أُجري الطرد المركّزي بسرعة 4500 دورة/ دقيقة لمدة 10دقائق (SCILIGEX– USA DC0412–)، ثم أُخذ القسم الرائق وحُفظ بدرجة حرارة -18°م لحين إجراء الاختبارات.

تمّ تحديد كمية المركبات الفينولية وفقاً لطريقة فولين– سيوكالتيو، من خلال تفاعلها مع كاشف فولين– سيوكالتيو، يضاف محلول قلوي ليتم التفاعل عند رقم حموضة قريب من (10) لمدة 1–2 ساعة عند درجة حرارة الغرفة بعيداً عن الضوء. فيتحول لون كاشف فولين من اللون الأصفر إلى الأزرق الذي يملك امتصاصية عظمى عند طول الموجة 765nm حيث

تتناسب الشدة الضوئية مع تركيز المركب الفينولي تقاس الامتصاصية بجهاز قياس الامتصاص الطّيفي الضّوئيّ يعمل بالأشعّة المرئيّة ماركة PHYLO–Spectrophotometer VIS722– BOLONGA –ITALY وهو جهاز لقياس شدة الضوء، يقيس كثافة الضوء بدلالة اللون (الطول الموجي)، يستخدم لقياس امتصاص العينة، حيث يعتمد امتصاص العينة للضوء على كثافة لون العينة، الذي يعتمد على تركيز المادة المذابة. (Shan *et al.*,2019).

حضرت السلسلة العيارية لحمض الغاليك حيث تم حل0.1 غ من حمض الغاليك في 50مل من الميتانول 80% وتمم الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر. ثم حُضر منه التراكيز من (500 – 50) مغ/ل لرسم منحني السلسلة العيارية. يُرسم بعدها المنحني القياسي الذي يربط بين تركيز حمض الغاليك والامتصاصية الموافقة فنحصل على مستقيم تم إيجاد معادلته بواسطة برنامج Excel. يحسب المحتوى الفينولي للعينات بالاستعانة بالمنحني القياسي وبقيمة امتصاصية العينة حيث تم تعويض قيمة الامتصاصية للعينة في معادلة المنحني القياسي لإيجاد تركيز المركبات الفينولية في العينة مقدرة بعدد الميلي غرامات المكافئة من حمض الغاليك.

التحليل الاحصائي:

تمَّ إجراء الاختبارات بأخذ ثلاث مكررات، والتعبير عن النتائج كمتوسط حسابي ± الانحراف المعياري. وتمَّ التقييم الإحصائي للنتائج التي تم التوصل إليها بواسطة برنامج إحصائي Minitab.17 باستخدام تحليل التباين ANOVA وتطبيق general linear model متضمناً اختبار Fisher وذلك عند مستوى موثوقية ($P\leq0.05$).

النتائج والمناقشة:

محتوى ثمار التفاح الطازجة من الرطوبة وقيمة الفعالية المائية وحمض الأسكوربيك والفينولات الكلية وقيم اللون:

يبين الجدول رقم(2) مواصفات المادة الأولية (التفاح) المستخدمة بالتجفيف. بلغت نسبة الرطوبة في العينة الطازجة بلغت 88.69%، وقيمة الفعالية المائية 0.982، وقيم اللون *L* و*a* و*b* فقد بلغت 75.41 و5.47 و22.39 على التوالي ومحتوى ثمار التفاح الطازجة من حمض الأسكوربيك بلغت 84.25 مغ/100غ وزن جاف، أما محتواها من الفينولات الكلية فقد بلغ 356.02 حمض غاليك/100غ وزن جاف.

جدول(2) مواصفات التفاح المستخدم بالتجفيف.

الخاصية		القيمة
الرطوبة		%88.69±0.033
الفعالية المائية		0.982±0.001
اللون	*L**	75.41±0.18
	*a**	5.47±0.28
	*b**	22.39±0.31
حمض الأسكوربيك مغ/100غ وزن جاف		84.25±0.22
الفينولات الكلية غ حمض الغاليك/100غ وزن جاف		356.02±0.31

تأثير طريقة التجفيف في محتوى الرطوبة لشرائح التفاح المجففة:

يبين الجدول رقم (3) قيم الرطوبة(%) التي تم الحصول عليها للعينات المجففة وتغيرها خلال التخزين لمدة 6 أشهر. بلغت قيمة الرطوبة في التفاح الطازج 88.69% وعند التجفيف وصلت إلى 14.517% بالتجفيف الشمسي المباشر و11.218% بالمجفف الشمسي الهجين وهذا يتوافق مع (Cetin *et al.*, 2019).

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين طريقتي التجفيف الشمسي المباشر والمجفف الشمسي الهجين، وأثناء التخزين لوحظ أيضاً تأثير التخزين معنوياً في نسبة الرطوبة في كل من الطريقتين.

ارتفاع رطوبة شرائح التفاح المجففة مع زمن التخزين يعود إلى نفوذية مادة التغليف وظروف التخزين (Ramos *et al.*, 2014).

جدول (3) قيم الرطوبة(%) لشرائح التفاح المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين.

التفاح الطازج	%88.69±0.033	
زمن التخزين (يوم)	التجفيف المباشر	المجفف الشمسي الهجين
0	^{b} 14.517±0.041 G	^{a} 11.218±0.041 F
15	^{b} 14.676±0.042 F	^{a} 11.265±0.043 F
30	^{b} 15.115±0.036 E	^{a} 11.787±0.035 E
60	^{b} 15.784±0.041 D	^{a} 12.339±0.028 D
90	^{b} 16.226±0.028 C	^{a} 12.782±0.021 C
120	^{b} 16.854±0.035 B	^{a} 13.562±0.022 B
180	^{b} 17.521±0.011 A	^{a} 14.209±0.041 A

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد

أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى معنوية 5%.

تأثير طريقة التجفيف في قيم فعالية الماء لشرائح التفاح المجففة خلال التخزين:

ترتبط الفعالية المائية بشكل أساسي بمحتوى الرطوبة ولكن التفاح يحتوي على السكريات (مثل الفركتوز والغلوكوز والسكروز) وخلال فترة التخزين الطويلة قد يتغير تركيب هذه السكريات مما يرفع من قيمة الفعالية المائية (Yu *et al.*,2008)

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين طريقتي التجفيف الشمسي المباشر والمجفف الشمسي الهجين وذلك بالمقارنة مع التفاح الطازج بلغت قيمة الفعالية المائية في عينات التفاح الطازج 0.982 وهذا يتوافق مع (Kowalska *et al.*, 2018) وبالتفاح المجفف بالمجفف الشمسي الهجين 0.318 وبالتجفيف الشمسي المباشر 0.431(Wojdylo *et al.*, 2020)، لوحظ أيضاً تأثير التخزين معنوياً في الفعالية المائية في كل من الطريقتين حيث ارتفعت نسبة الفعالية المائية مع زمن التخزين.

جدول (4) قيم الفعالية المائية لشرائح التفاح المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين.

التفاح الطازج	0.982±0.001	
زمن التخزين (يوم)	التجفيف المباشر	المجفف الشمسي الهجين
0	^{b} 0.431±0.002 G	^{a} 0.318±0.001 F
15	^{b} 0.437±0.001 F	^{a} 0.323±0.002 F
30	^{b} 0.451±0.001 E	^{a} 0.344±0.003 E
60	^{b} 0.459±0.001 D	^{a} 0.385±0.001 D
90	^{b} 0.472±0.001 C	^{a} 0.397±0.002 C
120	^{b} 0.487±0.001 B	^{a} 0.407±0.002 B
180	^{b} 0.511±0.001 A	^{a} 0.425±0.001 A

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد

أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى معنوية 5%.

لوحظ ارتفاع الفعالية المائية في العينات المجففة أثناء التخزين بكلتا الطريقتين بسبب طبيعة الغلاف المستخدم وبسبب تغير طبيعة السكريات أثناء التخزين.(Ramos and Stringheta 2014)

تأثير طريقة التجفيف في قيم اللون لشرائح التفاح المجففة:

يبين الجدول رقم (4) قيم اللون التي تم الحصول عليها للعينات المجففة وتغيرها خلال التخزين لمدة 6 أشهر. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين طريقتي التجفيف الشمسي المباشر والمجفف الشمسي الهجين ولوحظ أيضاً تأثير التخزين معنوياً في لون العينات المجففة في كل من الطريقتين.

يلاحظ أن المتغير L*: كلما طالت فترة تعرض المنتج المجفف لدرجات حرارة عالية أثناء التجفيف كلما انخفض المتغير L* حيث يحدث تبييض وتتأكسد مركبات اللون المترافقة.

أما قيم a*: فقط أظهر التفاح المجفف بالأشعة الشمسية المباشرة زيادة في القيمة a*، أي ازداد احمرار التفاح المجفف بالأشعة الشمسية المباشرة حيث يصبح التفاح أحمر/ بني عندما يتأكسد.

يلاحظ أيضاً أن التفاح المجفف بالطاقة الشمسية المباشرة انخفاضاً في قيم b* مقارنة المجفف الشمسي الهجين. يعود هذه الاختلاف باللون بسبب الاختلاف في وقت التجفيف الكلي، أي أن المجفف الشمسي الهجين يسمح بتغيرات أقل في الأكسدة واللون والتركيب مقارنة بالتجفيف الشمسي المباشر، (Crossen, 2017).

جدول (4) قيم اللون لشرائح التفاح المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين.

التفاح الطازج	L*	a*	b*
	75.41±0.18	5.47±0.28	22.39±0.31

زمن التخزين	التجفيف المباشر			المجفف الشمسي الهجين		
(يوم)	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	^{a} 64.99± 0.17 E	^{b} 9.94± 0.24 F	^{b} 31.42± 0.5 A	^{b} 69.72± 0.44 F	^{a} 6.76 ±0.21 D	^{a} 42.77± 0.32 A
15	^{a} 65.01± 0.36 E	^{b} 10.21± 0.31 F	^{b} 30.93± 0.31 A	^{b} 70.17± 0.52 F	^{a} 6.89± 0.18 CD	^{a} 42.12± 0.26 B
30	^{a} 65.92± 0.27 D	^{b} 11.14 ± 0.18 E	^{b} 30.2± 0.29 B	^{b} 71.19± 0.51 E	^{a} 7.27± 0.33 C	^{a} 41.86± 0.27 B
60	^{a} 66.35± 0.27 D	^{b} 11.99± 0.25 D	^{b} 29.08± 0.55 C	^{b} 71.92± 0.27 D	^{a} 7.87 ± 0.21 B	^{a} 40.99± 0.22 C
90	^{a} 67.2± 0.47 C	^{b} 12.52± 0.25 C	^{b} 28.34± 0.26 D	^{b} 72.99± 0.19 C	^{a} 8.24± 0.35 B	^{a} 40.28± 0.49 D
120	^{a} 67.89± 0.19 B	^{b} 13.38± 0.34 B	^{b} 27.08± 0.14 E	^{b} 74.2± 0.3 B	^{a} 8.97± 0.14 A	^{a} 39.8± 0.28 D
180	^{a} 69.12± 0.25 A	^{b} 14.08± 0.13 A	^{b} 26.34± 0.27 F	^{b} 75.39± 0.22 A	^{a} 9.11± 0.22 A	^{a} 39.1± 0.24 E

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد

أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى معنوية 5%.

أي أنه يساهم التجفيف المطول (زيادة زمن التجفيف) في زيادة تفاعلات الاسمرار وتشكل اللون البني التي تسبب تغييراً في معايير اللون أي أنه كلما كانت فترة تجفيف أطول أدت إلى انخفاض في الإضاءة حيث يعبر المتغير (L*) عن مدى سطوع العينة وزيادة في الاحمرار المتغير (a*) وانخفاض في الصفرة المتغير (b*)، وارتفاع مؤشر اللون البني وتغير اللون الكلي في المواد (Cruz *et al.*, 2015). ويعد اللون أحد أهم معايير جودة الفواكه المجففة وهو عامل حاسم يؤثر على قبول المستهلك للمنتج. (Kahraman *et al.*, 2021).

تأثير طريقة التجفيف في محتوى شرائح التفاح المجففة من حمض الأسكوربيك:

تفكك حمض الأسكوربيك أثناء التجفيف ومن الجدول رقم(5) نلاحظ انخفاض تركيزه من 84.27 في المادة الطازجة إلى65.741 (مغ/100غ وزن جاف) بالمجفف الهجين و45.296 (مغ/100غ وزن جاف) بالتجفيف المباشر، أي أن تركيزه ينخفض بنسبة 20% بالمجفف الشمسي الهجين و46.25% بالتجفيف الشمسي المباشر بسبب عملية التجفيف (Gumel *et al.*, 2012)، ويعود سبب هذا الانخفاض بسبب أكسدة حمض الأسكوربيك تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة (Joshi *et al.*, 2011)، كما وجد Madrau وآخرون عام (2009) أن محتوى حمض الأسكوربيك في المجففات الشمسية أعلى من محتواه عند التجفيف بأشعة الشمس المباشرة. كما ذكر Fennema عام (2008) أن سبب فقدان محتوى فيتامين C أثناء التجفيف بسبب الأكسدة والتحلل المائي.

يلاحظ وجود فرق معنوي بين طريقتي التجفيف لأن العينات المجففة بالمجفف الشمسي الهجين حافظت على محتوى أفضل من فيتامين C مقارنة بالعينات المجففة تحت أشعة الشمس المباشرة بسبب حساسية حمض الأسكوربيك للإشعاع الشمسي وتجانس درجة حرارة التجفيف داخل المجفف الهجين مما ساعد على قصر زمن التجفيف وبالتالي تقليل زمن أكسدة حمض الأسكوربيك (Sonawane and Arya, 2015)

جدول (5) قيم حمض الأسكوربيك (مغ/100غ وزن جاف) لشرائح التفاح المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين.

التفاح الطازج	84.25±0.22	
زمن التخزين(يوم)	التجفيف المباشر	المجفف الشمسي الهجين
0	[b] 45.296±1.026 A	[a] 65.741±0.688 A
15	[b] 42.241±0.784 B	[a] 62.068±0.714 A
30	[b] 36.607±0.923 C	[a] 58.036±0.784 B
60	[b] 31.896±1.007 D	[a] 50.862±0.911 C
90	[b] 29.861±0.784 DE	[a] 43.75±0.982 D
120	[b] 27.5±0.923 E	[a] 36.667±0.784 E
180	[b] 22.5±0.833 F	[a] 32.5±0.923 F

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد

أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى معنوية 5%.

يلاحظ وجود فروق معنوية بمحتوى حمض الأسكوربيك أثناء عملية التخزين وذلك بسبب حساسية حمض الأسكوربيك أثناء التخزين حيث ينخفض بنسبة 50% تقريباً حيث تشير الدراسات إلى استمرار تفاعلات التحلل التأكسدي لحمض الأسكوربيك إلى أشكال مؤكسدة أخرى مثل حمض ديهيدروكوربيك أثناء التخزين وهذا ما يلاحظ في العينات المخزنة بكلتا الطريقتين (Rusell, 2004).

تأثير طريقة التجفيف في محتوى شرائح التفاح المجففة من المركبات الفينولية الكلية:

تؤدي عملية التجفيف لانخفاض كمية المركبات الفينولية مقارنة بشرائح التفاح الطازجة وتغير في نسبة الفينولات (الحرة إلى الكلية) (Wu *et al.*, 2007) ويعزى هذا الانخفاض لتفكك الفينولات أثناء التجفيف (Sathishkumar *et al.*, 2009) أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين طريقتي التجفيف الشمسي المباشر والمجفف الشمسي الهجين ولوحظ أيضاً تأثير التخزين معنوياً في كمية الفينولات الكلية في كل من الطريقتين حيث انخفضت كمية الفينولات الكلية مع زمن التخزين.

بيّن العالم Bennett وآخرون عام (2010) أن الفينولات الموجودة في الفاكهة والخضروات الطازجة عرضة للتحلل التأكسدي بواسطة أنزيم بولي فينول أوكسيداز (PPO) أثناء التجفيف، مما يؤدي إلى انخفاض كميتها.

يلاحظ من الجدول رقم(6) أن انخفاض المركبات الفينولية بالمجفف الشمسي الهجين أقل من التجفيف الشمسي المباشر وهذا يعود إلى انخفاض زمن التجفيف والذي يتوافق مع الباحث (Vega-Gálvez *et al.*, 2012)، أي كلما كانت عملية التجفيف أسرع انخفضت التأثيرات السلبية للتغيرات الكيميائية الحيوية بسبب تعرض المواد الأقصر للأكسجين (Nowacka *et al.*, 2014)، وبينّ العالم Roslan وآخرون عام 2020 أن زيادة الانخفاض كان بسبب نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز في التجفيف الشمسي المباشر، وبّين العالم Mongi وآخرون عام 2015 أن العينات المجففة بالمجففات الشمسية ذات النفق لديها انخفاض أقل في المركبات الفينولية الكلية والنشاط المضاد للأكسدة من العينات المجففة تحت أشعة الشمس المباشرة بسبب عدم تجانس درجة حرارة التجفيف وانخفاض معدل التجفيف.

جدول (6) قيم المركبات الفينولية الكلية (غ حمض الغاليك/100غ وزن جاف) لشرائح التفاح المجففة بطريقتي التجفيف وتغيرها خلال التخزين لمدة 6 أشهر.

التفاح الطازج	356.02±0.31	
زمن التخزين (يوم)	التجفيف المباشر	المجفف الشمسي الهجين
0	[b] 242.155±0.229 B	[a] 321.551±0.352 A
15	[b] 238.847±0.668 C	[a] 314.934±0.869 C
30	[b] 247.353±0.421 A	[a] 323.913±0.434A
60	[b] 239.792±0.668 BC	[a] 317.769±0.229 B
90	[b] 220.416±0.431 D	[a] 297.448±0.618 D
120	[b] 201.039±0.668 E	[a] 287.051±0.622 E
180	[b] 184.499±0.331 F	[a] 283.271±0.415 F

تشير الأحرف a,b,c المختلفة إلى وجود فرق معنوي بين السطر الواحد

أما الأحرف A,B,C,D المختلفة فتشير إلى وجود فرق معنوي في العمود الواحد عند مستوى معنوية 5%.

يلاحظ أثناء التخزين أنَّ كمية المركبات الفينولية الكلية ترتفع قليلاً خلال التخزين حيث تصل إلى (247.353-323.913) غ حمض الغاليك/100غ وزن جاف بالتجفيف الشمسي المباشر وبالمجفف الهجين على الترتيب ثم تعود بالانخفاض يمكن أن تكون هذه الزيادة مرتبطة بظهور مركبات جديدة غير بولي فينولية والتي تم تحديدها، حيث كاشف Folin-Ciocalteu، الذي تم استخدامه لتحديد التفاعل، لا يتفاعل فقط مع البولي فينولات، ولكن أيضاً مع بعض المركبات الكيميائية الحيوية الأخرى الموجودة، مثل حمض الأسكوربيك والأحماض الأمينية والبروتينات والكربوهيدرات والأمينات العطرية. ووفقاً لذلك، قد يكون المحتوى الفعلي للبولي فينولات في المادة المجففة أقل مما هو محدد. (Prior *et al.*, 2005). يحدث انخفاض في كمية المركبات الفينولية الكلية والنشاط المضاد للأكسدة أثناء التخزين نتيجة لتأثير كل من الضوء ودرجة حرارة التخزين على هذه المركبات حيث تلعب درجة حرارة التخزين دوراً هاماً في ثباتية هذه المركبات (Ali *et al.*, 2018).

الاستنتاجات والمقترحات:

أثبتت النتائج أن عينات التفاح المجففة في المجفف الشمسي الهجين حافظت بشكل أفضل على المحتوى من حمض الأسكوربيك (وهو أحد الفيتامينات الضرورية وله تأثير إيجابي على صحة الإنسان) وعلى لون التفاح الطبيعي المفضل لدى

المستهلك وعلى مستويات الرطوبة والمركبات الفينولية بشكل أفضل من العينات المجففة تحت أشعة الشمس المباشرة، وبفترة زمنية أقل.

لذلك، يمكن تصنيف المجفف الشمسي الهجين بأنه أفضل من طريقة التجفيف الشمسي لتجفيف التفاح من أجل الحفاظ على مكوناتها التغذوية ومنع تلفها بعد الحصاد والحصول على منتج ذو جودة أعلى وقبول أكثر من قبل المستهلك.

ومن هنا لابد من استعراض بعض المقترحات:

- دراسة تجفيف شرائح التفاح في المجفف الشمسي بسماكات مختلفة وبدرجات حرارة مختلفة للأصناف المزروعة في سورية والمتوفرة بغزارة مثل الغولدن والستاركن والموشح.
- التعبئة تحت التفريغ للحفاظ على خواص التفاح المجففة بشكل أفضل.
- إجراء بعض المعاملات الأولية على شرائح التفاح (مثل الغمر بمحلول جمض الأسكوربيك– حمض الليمون...) للحفاظ على مكوناتها التغذوية.
- ضرورة دراسة الفعالية المضادة للأكسدة الموجودة في شرائح التفاح المجففة وتأثير الضوء عليها وشروط التخزين المختلفة.
- دراسة تأثير عملية التجفيف على القوام والحموضة.

المراجع:

Agbor, G. A., Vinson, J. A., and Donnelly, P. E. (2014). Folin-Ciocalteau reagent for polyphenolic assay. International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics (IJFS), 3(8), 147-156.

Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2013). Composition, phytochemicals, and beneficial health effects of dried fruits: an overview. Dried fruits: Phytochemicals and health effects, 1-18.

Aldosari, M. T. (2014). Effects of different drying methods on the total phenolics, antioxidant properties, and functional properties of apple pomace. Michigan State University.

Ali, A., Chong, C.H., Mah, S.H., Abdullah, L.C., Choong, T.S.Y., Chua, B.L. (2018). Impact of storage conditions on the stability of predominant phenolic constituents and antioxidant activity of dried piper beetle extracts. Molecules, 23, 484.

AOAC, (2000). Official Methods of analysis of AOAC International, 17th Edition. USA.

Bassi, M., Lubes, G., Bianchi, F., Agnolet, S., Ciesa, F., Brunner, K., Guerra, W., Robatscher, P., Oberhuber, M. (2017). Ascorbic acid content in apple pulp, peel, and monovarietal cloudy juices of 64 different cultivars. International Journal of Food Properties, 20, S2626 - S2634.

Bennett, L.E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeleffer, P.R. (2011). Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. J. Fun. Foods 3:115-124

Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger. S., Haller, D., Kroke, A. (2012). Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. Eur J Nutr ;51:637–663.

Bora, G., Pathak, R ., Ahmadi, M., Mistry, P. (2018). Image processing analysis to track colour changes on apple and correlate to moisture content in drying stages. Food Quality and Safety. 2, 105–110

Calín-Sánchez Á, Lipan L, Cano-Lamadrid M, Kharaghani A, Masztalerz K, Carbonell-Barrachina ÁA, Figiel A. (2020). Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. Foods.; 9(9):1261.

Carunchia, M., Wang, L., Han, J.H. (2015). The use of antioxidants in the preservation of snack foods. Handbook of Antioxidants for Food Preservation (pp.447-474) Woodhead Publishing.

Çetin, N., Saglam, C., Demir, B. (2019). Effects of different drying conditions on physical changes of apple (Malus communis L.). Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences24. 71-77.

Chang, S.K., Alasalvar, C., Shahidi, F. (2016). Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. Journal of Functional Foods. 21. 113-132.

Crossen, E.W. (2017). Textural, Color and Sensory Attributes of Fruits and Vegetables Dried Using Electric Forced-Air and Solar Dehydrators. Brigham Young University BYU Scholars Archive, Theses and Dissertations. 6675

Cruz, A.C., Guine, R.P.F., Goncalves, J.C. (2015). Drying kinetics and product quality for convective drying of apples (cvs. Golden Delicious and Granny Smith), Int. J. Fruit Sci. 15 54–78.

Demarchi, S.M., Ruiz, N.A., Concellón, A., Giner, S.A. (2013). Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers. Food and Bioproducts Processing, 91, 310-318.

Fennema, O. R. (2008). Fennema's food chemistry. CRC press.

Górnicki, K., Choińska, A., Kaleta, A. (2020). Effect of Variety on Rehydration Characteristics of Dried Apples. Processes, 8, 1454.

Gumel, S.M., Garba, B., Ibrahim, H. (2012). Comparison of ascorbic acid content of some selected fresh and dried tropical vegetables. Chem Search Journal, 3, 8-10.

Henríquez, C., Almonacid, S., Chiffelle, Í., Valenzuela, T., Araya, M., Cabezas, L., Simpson, R., Speisky, H. (2010). Determination of antioxidant capacity, total phenolic content and mineral composition of different fruit tissue of five apple cultivars grown in Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70, 523-536.

Joshi, A.P.K., Rupasinghe, H.P.V., Khanizadeh, S. (2011). Impact of Drying Processes on Bioactive Phenolics, Vitamin C and Antioxidant Capacity of Red-Fleshed Apple Slices. Journal of Food Processing and preservation;35(4):453-457

Kahraman, O., Malvandi, A., Vargas, L., Feng, H. (2021). Drying characteristics and quality attributes of apple slices dried by a non-thermal ultrasonic contact drying method, Ultrasonics Sonochemistry vol 73 501-510.

Mariane, L., José, H., Carolina, H. (2015) Phenolic content and antioxidant capacity in fresh and dry fruits and vegetables grown in Chile. Journal of Food, 13:4, 541-547.

Madrau, M.A., Piscopo, A., Sanguinetti, A.M., Caro, A.D., Poiana, M., Romeo, F.V., Piga, A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. European Food Research and Technology 228:441-448.

Mongi, R.J., Ndabikunze, B.K., Wicklund, T., Chove, L.M., Chove, B.E. (2015). Effect of solar drying methods on total phenolic contents and antioxidant activity of commonly

consumed fruits and vegetable (mango, banana, pineapple and tomato) in Tanzania. African Journal of Food Science, Vol 9 (5), 291-300

Nowacka, M., Śledź, M., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D. (2014). Changes of Radical Scavenging Activity and Polyphenols Content During Storage of Dried Apples. International Journal of Food Properties, 17, 1317 - 1331.

Nyangena, I., Owino, W., Ambuko, J., & Imathiu, S. (2019). Effect of selected pretreatments prior to drying on physical quality attributes of dried mango chips. Journal of Food Science and Technology, 1-10.

Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry, *53* (10), 4290–4302.

Ramos, A. M., Stringheta, P., & AM, P. J. (2014). Drying curves and water activity evaluation of dried banana. In Proceedings of the 14th international drying symposium (IDS 2004) pp (pp. 22-25).

Roslan, A.S., Ismail, A., Ando, Y. (2020). Effect of drying methods and parameters on the antioxidant properties of tea (*Camellia sinensis*) leaves. Food Prod Process and Nutr2, 8.

Rusell, L.F. (2004). Physical characterisation and nutrient analysis. Handbook of food analysis, vol 1. Marcel Dekker, New York, pp 487-571.

Sagar, V.R., Kumar, P.S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. J Food Sci Technol 47:15–26

Sansone, K., Kern, M., Hong, M.Y., Liu, C., Hooshmand, S. (2018). Acute effects of dried apple consumption on metabolic and cognitive responses in healthy individuals. J Med Food. 21(11):1158-1164.

Sathishkumar, R., Lakshmi, P.T.V., Annamalai, A. (2009). Effect of drying treatment on the content of antioxidants in Enicostemma littorale Blume. Res. J. Med. Plant 3(3):93-101.

Shan, S., Huang, X., Shah, M., Abbasi, A. (2019). Evaluation of polyphenolics content and antioxidant activity in edible wild fruits. BioMed Research International 1-11

Sonawane, S.K., Arya, S. S. (2015). Effect of drying and storage on bioactive components of jambhul and wood apple. J Food Sci Technol 52(5):2833–2841

Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X., Liu, R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. J Agric Food Chem. 4;50(25):7449-54.

Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Lemus-Mondaca, R., Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. Food Chem;132(1):51-59.

Wojdylo, A., Lech, K., Nowicka, P. (2020). Effects of Different Drying Methods on the Retention of Bioactive Compounds, On-Line Antioxidant Capacity and Color of the Novel Snack from Red-Fleshed Apples. Molecules; 25(23):5521.

Yu, X., Kappes, S.M., Bello-Perez, L., & Schmidt, S.J. (2008). Investigating the moisture sorption behavior of amorphous sucrose using a dynamic humidity generating instrument. Journal of food science, 73 1, E25-35

Study the Effect of Solar Drying of Apple Slices on their Color and Content of Ascorbic Acid and Phenolic Compounds

Nour Zien Alabiden [(1)] *, Ramdan Utra[(1)] and Mohamed Massri [(1)]

(1). Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.
(*Corresponding author:Eng. Nour Zien alabiden. E-Mail: noor.zien@gmail.com)

Received: 7/07/2021 Accepted: 9/08/2021

Abstract

Apples are dried and used as snacks because they are rich in phenolic compounds, antioxidants, ascorbic acid, minerals and vitamins. Therefore, this research aimed to study the effect of the direct solar drying process and the indirect solar drying, by used of a hybrid solar dryer that was designed in this study, on the moisture content of apple slices, water activity, ascorbic acid, phenolic compounds, color change, and the effect of storage the dried product for a period of six months. These indicators were estimated during six storage periods (0, 15, 30, 60, 120 and 180 days). The results showed a significant ($p<0.05$) increase in moisture content in the slices dried by direct solar drying from 14.517% at the beginning of storage to 17.521% at the end of storage, while in the hybrid dryer from 11.218% at the beginning of storage to 14.209% at the end of storage, it also increased The values of the water activity were significant by direct drying from 0.431 at the beginning of storage to 0.511 at the end of storage and in the hybrid dryer from 0.318 to 0.425. All color parameters changed significantly during storage depending on the drying method. The results showed that the color of the sample dried using the hybrid dryer was better and closer to the fresh sample. A decrease in the content of ascorbic acid was observed from the beginning of storage to its end by direct drying from 45.296 mg/100 g to 22.5 mg/100 g dry weight, and in the hybrid dryer from 65,741 mg/100 g dry weight to 32.5 mg/100 g dry weight. The total phenol content decreased significantly from the beginning to the end of storage. The results showed that the moisture content was lower with the hybrid dryer by 3.299% compared with direct solar drying, and the product retained better color and higher content of ascorbic acid and total phenols and thus better quality compared to direct solar drying.

Key words: solar drying, dried apple, hybrid dried, ascorbic acid, total phenols