دراسة تأثير نوعين من المجففات الشمسية في بعض صفات الجودة لشرائح التفاح

سحر صليبي* **محمد خير طحلة****

محمود عبد اللطيف***

الملخص

نفذ البحث في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة، جامعة دمشق، في عام 2016 بهدف دراسة تأثير نوعين من المجففات الشمسية (الأول مضاف إليه مادة التخزين الحراري، والثاني بدون مادة التخزين الحراري) في بعض صفات الجودة لشرائح التفاح، وكذلك اختبار سماكتين من شرائح التفاح صنف غولدن دليشيس (5 و10 ملم) خلال عملية التجفيف. بينت الدراسة انخفاض الزمن اللازم لإتمام عملية تجفيف الشرائح باستخدام المجفف الشمسي مع مادة التخزين الحراري بالمقارنة مع المجفف بدون مادة التخزين الحراري، حيث انخفض الزمن بمقدار 5 ساعات عند السماكة 10 ملم، كما أظهرت النتائج ازدياداً معنوياً في معدل التشرب للشرائح ذات السماكة 10 ملم بالمقارنة مع السماكة 5 ملم، حيث بلغ معدل التشرب للشرائح ذات السماكة 10 ملم في المجفف مع مادة تخزين حراري 3.89 وللشرائح ذات السماكة 5 ملم في نفس المجفف 2.71، كما بلغ معدل التشرب للشرائح ذات السماكة 10 ملم في المجفف بدون مادة تخزين حراري 3.86 وللشرائح ذات السماكة 5 ملم 2.76، ولم يكن لنوع المجفف ولسماكة الشرائح أي تأثير معنوي في محتوى الشرائح من الحموضة الكلية القابلة للمعايرة.

الكلمات المفتاحية: شرائح تفاح، مجفف شمسي، معدل التشرب، الحموضة الكلية القابلة للمعايرة، المحتوى الرطوبي، مدة التجفيف.

* طالبة ماجستير في قسم الهندسة الريفية.

** أستاذ في قسم علوم الأغذية جامعة دمشق.

*** مدرس في قسم الهندسة الريفية جامعة دمشق.

Study the effect of two types of solar dryer on some quality characteristics of apple slices

Sahr Salibi* **Mohamad Khair Tahle****
Mahmoud Abdulateef ***

Abstract

The research has carried out at the department of Rural Engineering at the Faculty of Agriculture, Damascus University in 2016 to investigate the performance of two types of solar dryers (The first one has heat storage material, while the other has no heat storage material) on some quality attributes of apple slices, also to test two thickness slices of Golden delicious apples (5 mm and 10 mm) during the drying process. The study showed a decrease in the time required to complete the drying slices using the solar dryer with a heat storage compared with the dryer without heat storage with reduce 5 hours for the thickness 10 mm, also there was a significant increase in the rehydration ratio for the slice thickness of 10 mm compared with the other of 5 mm, where the rehydration ratio of slices with 10 mm thickness in the dryer with heat storage material was 3.89 and 2.71 for the slices' thickness 5 mm, as the rehydration ratio of slices with 10 mm thickness in the dryer without heat storage material 3.86 and 2.76 for the slices' thickness 5 mm.

Finally, both types dryer and the thickness of the slices has no significant effect on the content of total acidity of the slices.

Key words: Apple slices, Solar dryers, Rehydration, total acidity, moisture content, drying duration.

* Master student at rural engineering department.
** Professor at foods department, Damascus university.
*** Tetchier at rural engineering department, Damascus university.

المقدمة:

يُعد صنف التفاح غولدن ديليشيس من أكثر أصناف التفاح انتشاراً في سورية، حيث تُستخدم ثمار التفاح إما طازجة أو مصنعة على شكل عصير، مرملاد، مربى، خل، وبدرجة أقل على شكل شرائح مجففة، كما يمكن أن تُستخدم في العديد من الصناعات الغذائية كالمخابز والبوظة والحلويات، وقد بيّن (Ferree وWarrington، 2002) أن العديد من أصناف التفاح تصلح للحصول على شرائح تفاح مجففة مثل Honeycrisp, Fuji,Gala, Grany smith إلا أن صنف التفاح غولدن ديليشيس Golden delicious يعد من أفضل الأصناف للحصول على شرائح تفاح مجففة.

لقد بلغ إنتاج سورية من التفاح 307199 طناً في عام 2015 بالمقارنة مع 393146 طناً في عام 2010 وقد يعود هذا الانخفاض إلى التدمير الناتج عن المجموعات الارهابية وسيطرتها المؤقتة على بعض مناطق إنتاج التفاح في الزبداني وكنسبا قبل تحريرها من قبل الجيش العربي السوري، وفي عام 2016 وصل الانتاج من التفاح إلى 451730 طناً (المجموعة الإحصائية الصادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2016).

تُعد ثمار الفاكهة والخضار من المواد الغذائية المرغوبة، فهي تمد الإنسان بالفيتامينات والمعادن والمواد النشوية والألياف وبقدر من البروتين وكمية قليلة من المواد الدهنية، ولكنها موسمية، أي أن إنتاجها يكون كبيراً خلال فترات قصيرة، وغالباً ما يزيد الإنتاج عن الاستهلاك، ولذلك يتم العمل على حفظها بالتعليب أو التجفيف لامتصاص جزء من فائض الإنتاج والحفاظ على توازن الأسعار وإتاحة هذه المنتجات في غير مواسمها (شعشع، 2003).

يعد التجفيف أو نزع الماء من الغذاء طريقة سهلة منخفضة التكاليف تستخدم لحفظ المحاصيل الزراعية والأغذية من الفساد (Roger وGregoire، 1986)، حيث يعمل التجفيف على إيقاف نشاط الأحياء الدقيقة وذلك بسبب خفض المحتوى الرطوبي إلى

المستوى الذي يمنع الفساد لفترة محدودة من الزمن ويسمح بتخزين المنتجات الغذائية لفترة زمنية طويلة (David، 2000).

بيّن Moreira وزملاؤه (2000) أن المحتوى الرطوبي الأولي لثمار التفاح صنف غولدن ديليشيس يتراوح بين 85% و89%.

يتم التجفيف الشمسي بتقنية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية تستخدم لرفع درجة حرارة المنتج وتبخير الرطوبة منه، وقد تتم العملية بوساطة مجمعات شمسية ذات حمل طبيعي أو قسري وتكون إما مباشرة أو غير مباشرة (Atalay وزملاؤه، 2017؛ Ekedukuwa وNorto، 1999).

ينبغي الحد من زمن التجفيف باستعمال درجات حرارة مناسبة لأن زيادة الزمن مع استعمال درجات حرارة منخفضة تؤدي إلى نمو الفطريات على المواد المجففة، وقد تفرز مثل هذه الفطريات سموم (توكسينات) لها خطورة على صحة الإنسان (شعشع، 2003).

تتنوع المجففات الشمسية في تصميماتها ومقاساتها، كما تختلف باختلاف الخامات التي تصنع منها، ورغم ذلك نجد أن الفكرة تنحصر في أن يكون المجفف الشمسي ذو قسمين أحدهما لتجميع الحرارة والثاني لوضع المادة المطلوب تجفيفها، بحيث يندفع الهواء المحمل بالحرارة من القسم الأول إلى الثاني ويخرج في النهاية محملاً برطوبة المادة الغذائية (شحاتة، 2015).

أشار Vlachos وزملاؤه (2002) إلى أن استخدام المجففات الشمسية المؤلفة من غرفة تجفيف ومجمع حراري، يساهم في تحسين كفاءة تطبيق التجفيف بالطاقة الشمسية وفي اختصار الزمن اللازم للحصول على منتج أفضل لما للمجففات الشمسية من دور في زيادة درجة الحرارة المستعملة في عملية التجفيف، وفي تلافي المشاكل المترتبة من تعرض المادة المجففة مباشرة لأشعة الشمس من تلوث بالغبار والحشرات وتغير في لون المنتج المجفف.

بـيّن Sacilik وElicin (2006) أن لدرجـة حـرارة هـواء التجفيـف وسـماكة شـرائح التفاح تأثير معنوي على معدل التشرب، حيث لاحظ زيادة معدل التشرب بزيادة سماكة الشرائح المجففة.

أولاً: مبررات البحث:

تعد ثمار الفاكهة بشكل عام وثمار التفاح بشكل خاص من المواد الغذائية المرغوبة لأنها تمد الإنسان بالفيتامينات والمعادن والألياف، ونظراً لكون ثمار التفاح، ثماراً موسمية الإنتاج، فإن إنتاجها يكون كبيراً ضمن فترة زمنية قصيرة، وغالباً ما يزيد الإنتاج عن الاستهلاك، ولما كانت المواد الغذائية (ومنها ثمار التفاح) تحتوي وهي بحالتها الطازجة على نسب مختلفة من الماء، وبالتالي على محتوى عالٍ من الرطوبة، الأمر الذي يجعل هذه الثمار عرضة للتلف والفقد، لذا فإن إزالة الرطوبة منها عن طريق عملية التجفيف يضمن إمكانية حفظها من التلف لفترة زمنية طويلة، خاصة أن تقنية التجفيف بالطاقة الشمسية تعد من التقنيات البسيطة والسهلة ومنخفضة التكاليف خصوصاً في البلدان ذات الشدة الشمسية المرتفعة وعدد ساعات السطوع الشمسي الكبير ومنها سورية.

ثانياً: هدف البحث:

تنفيذ واختبار أداء نوعين من المجففات الشمسية (مع مادة تخزين حراري، دون تخزين حراري) ودراسة تأثير طريقة التجفيف وسماكة شرائح التفاح في بعض خصائص التجفيف لشرائح التفاح (تغيرات المحتوى الرطوبي مع الزمن) وفي بعض خصائص الجودة (الحموضة الكلية القابلة للمعايرة، معدل التشرب).

ثالثاً: مواد البحث وطرائقه:

<u>أ– المادة الأولية:</u>

تمّ إجراء البحث على ثمار التفاح صنف غولدن ديليشيس 'Golden delicious'، وهي: ثمار ذات لون أصفر ذهبي، قشرتها ملساء ولبها أصفر فاتح اللون، عصيري، طعمها حامض حلو، ورائحتها عطرية، غزيرة الإنتاج.

ب– مكان تنفيذ البحث:

تم إجراء عملية التجفيف وتنفيذ الاختبارات العملية في قسم الهندسة الريفية وقسم علوم الأغذية، في كلية الزراعة، جامعة دمشق، في عام 2016.

ج– إجراءات التجربة:

تم اختيار ثمار تفاح ناضجة وسليمة من الإصابات الحشرية ومتماثلة في الحجم قدر الامكان من صنف غولدن ديليشيس، تم غسل الثمار بماء الصنبور، وبعدها تمت إزالة اللب وتقشير الثمار يدوياً ثم قطعت بشكل عامودي على محور الثمرة على شكل شرائح بسماكتي 5 ملم و10 ملم باستخدام آلة تقطيع يدوية مصممة مسبقاً يمكن معايرتها حسب السماكة المطلوبة، وهي موجودة في قسم علوم الأغذية. عوملت العينات بمحلول حمض الاسكوربيك بتركيز 1% لمدة خمس دقائق وذلك لمنع حدوث الاسمرار غير الأنزيمي (طلي، 2015)، ثم نشرت الشرائح على المناخل المعدنية المثقبة، لمدة 5 دقائق على درجة حرارة الغرفة للتخلص من الماء السطحي، بعدها تم وضع طبقة واحدة من الشرائح على الرفوف لتوضع ضمن المجفف، وبعد انتهاء تجفيف الشرائح (حيث وصلت الشرائح إلى محتوى رطوبي 16%) تم تبريدها ثم وضعها ضمن أكياس بولي ايتلين لِتجرى عليها الاختبارات المطلوبة بعد مرور أسبوع على انتهاء التجفيف.

د– أجهزة البحث:

تم استخدام نوعين من المجففات الشمسية، الأول مجفف شمسي بدون مادة تخزين حراري متواجد ضمن قسم الهندسة الريفية، ويتكون من سخان هوائي مائل بدرجة 36 ^{0}م وهو عبارة عن: صندوق مصنوع من الخشب يحتوي على لوح معدني مسطح مطلي باللون الأسود غير لامع، ماص للإشعاع الشمسي وغير عاكس له، ومن غرفة تجفيف مصنوعة من الخشب تحتوي على رفوف مكونة من مناخل معدنية مثقبة وهذه المناخل قابلة للسحب من مكانها، كما يحتوي على منافذ لدخول وخروج الهواء، يعمل اللوح الماص على تزويد غرفة التجفيف بالهواء الساخن المطلوب (Aboud، 2013)،

وبالنسبة للمجفف الثاني فتم تنفيذه بحيث يتكون من نفس التصميم السابق إنما مع تعديل في تصميم السخان الهوائي بحيث يضاف إليه مادة تخزين حراري (حجارة) (El-Sebaii وزملاؤه، 2002).

هـ– المؤشرات المدروسة:

أولاً– تغيرات المحتوى الرطوبي مع الزمن:

حُدد المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح اعتماداً على الوزن الرطب حسب (AOAC، 2004) بتجفيف العينات عند درجة حرارة 105 ^{0}م حتى ثبات الوزن.

ثانياً– معدل التشرب:

أُخذ 10 غ من شرائح التفاح المجففة (الوزن الأولي) وضعت في دورق سعة 500 مل، ثم أضيف إليها 150 مل من الماء المقطر لتغلى لمدة 5 دقائق وبعد حدوث التشرب وزنت العينة وهو الوزن النهائي وحسبت نسبة التشرب بقسمة الوزن النهائي على الوزن الأولي (Prakash وزملاؤه، 2003).

ثالثاً– قياس الحموضة الكلية القابلة للمعايرة:

قُدرت الحموضة الكلية القابلة للمعايرة حسب (AOAC، 2004) على أساس حمض الماليك بالمعايرة بمحلول ماءات الصوديوم 0.1 نظامي بوجود مشعر الفينول فتالئين.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي

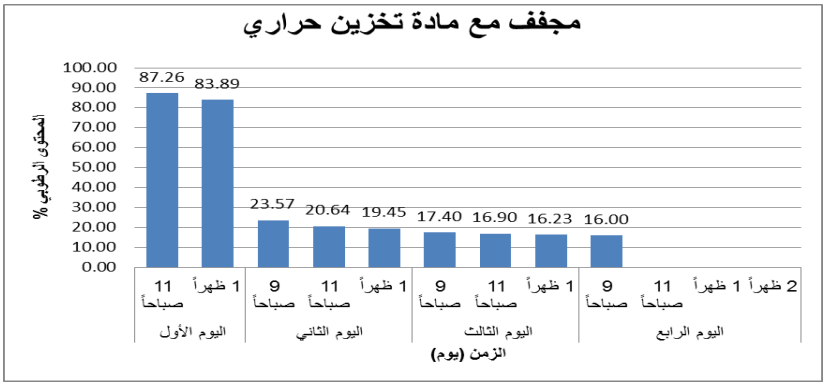
أُجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج الـ Genstat وفق طريقة Tow Way Anova لحساب الفروق المعنوية وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05.

رابعاً: النتائج والمناقشة:

أولاً–:نتائج دراسة تأثير نوع المجفف وسماكة شرائح التفاح في المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح المجففة:

1. تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم ضمن المجفف مع مادة تخزين حراري

يبين الشكل (1) تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم في المجفف ذو التخزين الحراري، حيث لوحظ انخفاض المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم من 87.26 % في شرائح التفاح الطازجة إلى 83.89 % في اليوم الأول للتجفيف وانخفض المحتوى الرطوبي للشرائح إلى 19.45 % في اليوم الثاني للتجفيف، واستمر الانخفاض ليصل مع بداية اليوم الرابع إلى 16%.

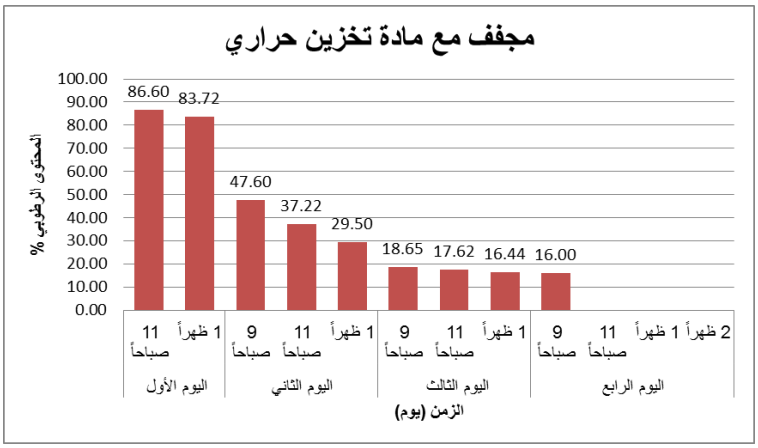


الشكل (1): تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات سماكة 5 ملم في المجفف ذو التخزين الحراري.

2. تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم ضمن المجفف مع مادة تخزين حراري:

يوضح الشكل (2) تغير المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح سماكة 10 ملم في المجفف ذو التخزين الحراري، حيث تبيّن انخفاض المحتوى الرطوبي للشرائح ذات السماكة 10

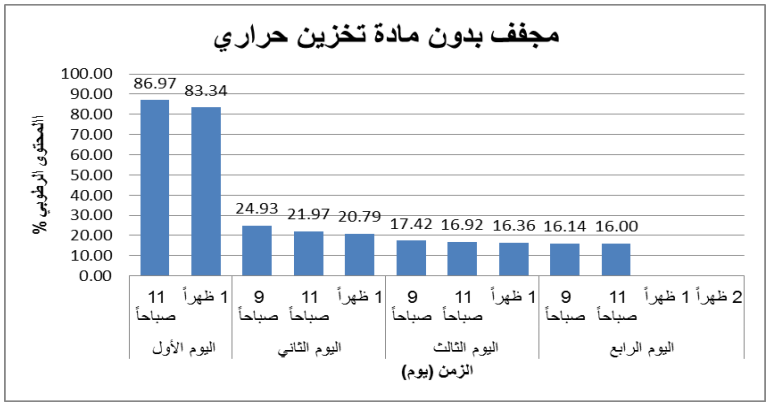
ملم في اليوم الأول للتجفيف من 86.60 % إلى 83.72 %، وانخفض في اليوم الثاني من 47.60 % إلى 29.50%، وانخفض في اليوم الثالث من 18.65% إلى 16.44%، ووصل في اليوم الرابع للتجفيف إلى 16 %.



الشكل (2): تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح سماكة 10 ملم في المجفف ذو التخزين حراري.

3. تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم ضمن المجفف بدون مادة تخزين حراري:

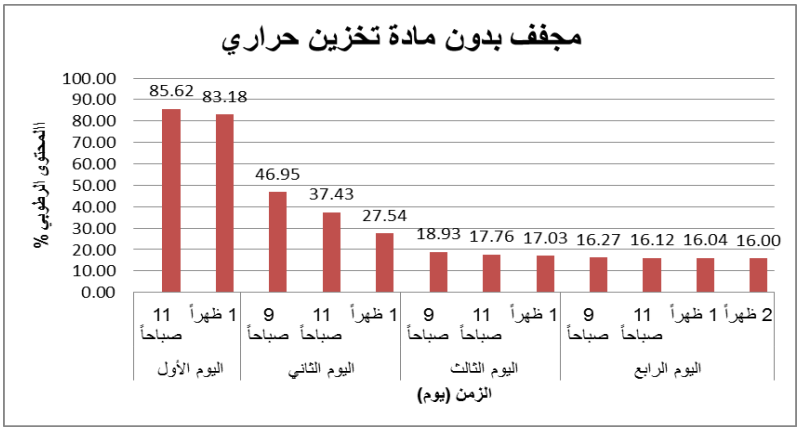
يبين الشكل (3) تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح بسماكة 5 ملم في المجفف بدون التخزين الحراري، حيث بلغ متوسط المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح صنف غولدن ديليشيس ذات السماكة 5 ملم عند بدء عملية التجفيف 86.97 %، وانخفض هذا المحتوى في اليوم الأول للتجفيف ليصل إلى 24.93 % في بداية اليوم الثاني، واستمر الانخفاض في المحتوى الرطوبي للشرائح المجففة ليصل إلى 17.42 % في بداية اليوم الثالث للتجفيف، واستمر الانخفاض ليصل إلى 16% في اليوم الرابع للتجفيف.



الشكل (3): تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح سماكة 5 ملم في المجفف بدون مادة التخزين الحراري.

4. تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم ضمن المجفف بدون مادة تخزين حراري

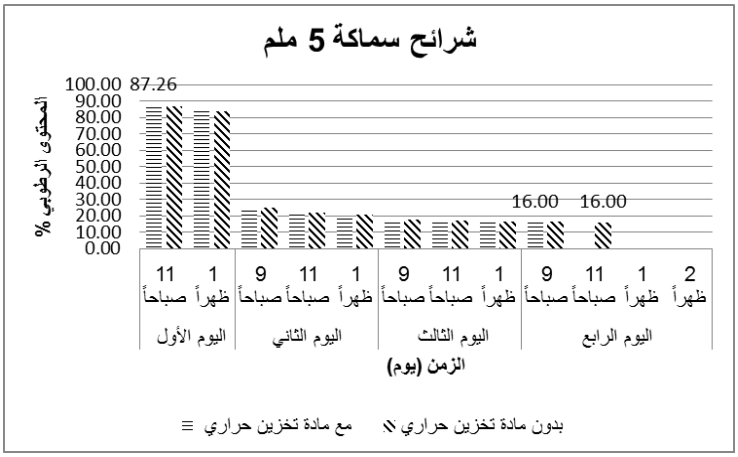
يشير الشكل (4) إلى تغير المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم في المجفف بدون التخزين الحراري، حيث بلغ متوسط المحتوى الرطوبي للشرائح في بداية التجفيف 85.62 %، وانخفض في نهاية اليوم الثاني إلى 27.54 %، واستمر الانخفاض في المحتوى الرطوبي في اليوم الثالث ليصل إلى 17.03 %، وانخفض من 16.27% إلى 16% في نهاية اليوم الرابع للتجفيف.



الشكل (4): تغيرات المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح سماكة 10 ملم في المجفف بدون مادة التخزين الحراري.

5. مقارنة أداء المجففين الشمسيين بالنسبة لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم:

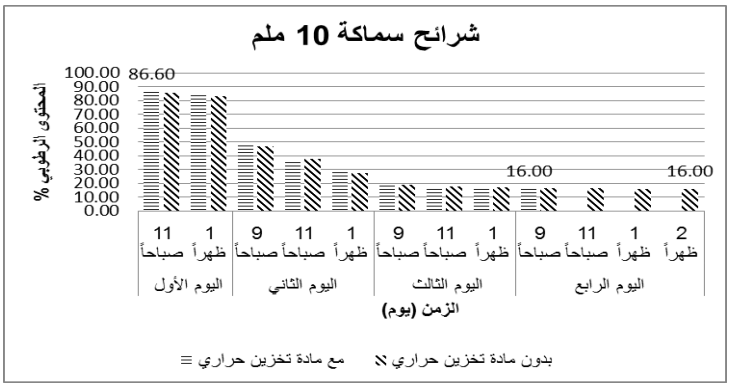
يبين الشكل (5) تأثير نوع المجفف المستخدم في المحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم والزمن اللازم لعملية التجفيف، حيث تبين انخفاض المحتوى الرطوبي للشرائح مع مرور الزمن، ووصول الشرائح إلى محتوى رطوبي 16% (ثبات الوزن) لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم والمجففة باستخدام مجفف مع مادة التخزين الحراري بعد مرور 70 ساعة على وضع الشرائح ضمن المجفف، في حين استمرت عملية التجفيف ضمن المجفف بدون مادة التخزين الحراري لمدة 72 ساعة وهذا يدل على أن مادة التخزين الحراري المضافة إلى السخان الهوائي ساهمت في خفض المدة اللازمة لإتمام عملية التجفيف بالمقارنة بالمجفف بدون مادة التخزين الحراري.



الشكل (5): تأثير نوع المجفف في مدة التجفيف والمحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم

6. مقارنة أداء المجففين الشمسيين بالنسبة لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم:

يبين الشكل (6) تأثير نوع المجفف المستخدم في مدة التجفيف والمحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم، حيث أدت إضافة مادة التخزين الحراري للسخان الهوائي إلى خفض المدة الزمنية اللازمة لإتمام عملية التجفيف، حيث انتهت عملية التجفيف بعد مرور 70 ساعة على وضع الشرائح ضمن المجفف، في حين استمر تجفيف شرائح التفاح ضمن المجفف بدون التخزين الحراري لمدة 75 ساعة، أي بفارق زمني وقدره 5 ساعات عن المجفف مع مادة التخزين الحراري.



الشكل (6): تأثير نوع المجفف في مدة التجفيف والمحتوى الرطوبي لشرائح التفاح ذات السماكة 10ملم.

ساهمت إضافة مادة التخزين الحراري إلى السخان الهوائي للمجفف في خفض الزمن اللازم لإتمام عملية التجفيف بالمقارنة مع المجفف بدون مادة التخزين الحراري، حيث تمت إضافة أحجار إلى الفراغ بين الصفيحة السوداء الماصة للحرارة وقاعدة السخان الهوائي، ويعود الدور الإيجابي لمادة التخزين في خفض الزمن اللازم للتجفيف إلى دورها في الحفاظ على الهواء ساخناً خلال الليل، وهذا يتوافق مع (El-Sebaii وزملاؤه، 2002)، والذي أشار أيضاً إلى إمكانية استخدام مواد أخرى للتخزين الحراري كالطين والغرانيت.

بينت النتائج انخفاض الزمن اللازم لإتمام عملية تجفيف شرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم بالمقارنة مع الشرائح ذات السماكة 10 ملم، ويعزى هذا الانخفاض في زمن التجفيف إلى انخفاض المسافة التي تقطعها الرطوبة للوصول إلى سطح المنتج من جهة ولزيادة السطح المعرض للتجفيف مع انخفاض سماكة الشرائح المجففة من جهة ثانية، وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Meisami-asl وزملاؤه، 2009؛ Aboud، 2013) من انخفاض الزمن اللازم لإتمام عملية التجفيف مع انخفاض سماكة شرائح التفاح المجففة.

ثانياً– نتائج دراسة نوع المجفف وسماكة شرائح التفاح في معدل التشرب:

يبين الجدول (1) معدل التشرب لشرائح التفاح ذات السماكة 5 و10 ملم والمجففة باستخدام نوعين من المجففات الشمسية (مع مادة التخزين الحراري وبدون مادة التخزين الحراري)، حيث بلغت نسبة التشرب لشرائح التفاح بسماكة 5 ملم والمجففة ضمن المجفف الشمسي مع مادة التخزين الحراري (2.71)، وبلغت لشرائح التفاح بسماكة 10 ملم والمجففة ضمن مجفف مع مادة التخزين الحراري (3.89). في حين بلغت نسبة التشرب لشرائح التفاح المجففة ضمن مجفف بدون مادة التخزين الحراري 2.76 و3.86 لشرائح التفاح ذات السماكة 5 و10 ملم على التوالي. يبين التحليل الإحصائي اعتماداً على اختبار الـ LSD على مستوى معنوية 0.05 عدم وجود تأثير معنوي لنوع المجفف المستخدم في معدل التشرب، في حين لوحظ وجود فرق معنوي بين معدل التشرب لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم وشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم ضمن المجفف الواحد.

بينت النتائج وجود زيادة معنوية في معدل التشرب لشرائح التفاح ذات السماكة 10 ملم بالمقارنة مع الشرائح ذات السماكة 5 ملم، بغض النظر عن نوع المجفف الذي استعمل في تجفيفها، وهذا يتفق مع (Aboud، 2013) الذي أشار إلى وجود تأثير معنوي لسماكة شرائح التفاح في معدل التشرب، إذ بيّن وجود زيادة معنوية في معدل تشرب الشرائح ذات السماكة 10 ملم بالمقارنة مع الشرائح ذات السماكة 5 ملم.

الجدول (1): تأثير نوع المجفف وسماكة شرائح التفاح في معدل التشرب

نوع المجفف	سماكة الشرائح	
	5 ملم	10 ملم
مع مادة التخزين الحراري	2.71 b	3.89 a
بدون مادة التخزين الحراري	2.76 a	3.86 a
LSD 0.05 نوع المجفف	0.046	
LSD 0.05 سماكة الشرائح	0.046	
LSD 0.05 نوع المجفف × سماكة الشرائح	0.065	

تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

ثالثاً: نتائج دراسة تأثير نوع المجفف وسماكة الشرائح في نسبة الحموضة الكلية القابلة للمعايرة:

يبين الجدول (2) تأثير نوع المجفف وسماكة الشرائح في نسبة الحموضة الكلية القابلة للمعايرة لشرائح التفاح المجففة باستخدام نوعين من المجففات الشمسية (مع مادة تخزين حراري، بدون مادة تخزين حراري)، حيث بلغت نسبة الحموضة الكلية القابلة للمعايرة لشرائح التفاح المجففة ضمن المجفف الشمسي مع مادة التخزين الحراري 0.069 % و0.067 % لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم و10 ملم على التوالي، بينما بلغ متوسط قيمة الحموضة الكلية القابلة للمعايرة لشرائح التفاح المجففة ضمن المجفف الشمسي بدون وجود مادة التخزين الحراري 0.064 لشرائح التفاح ذات السماكة 5 ملم و0.067 للشرائح ذات السماكة 10 ملم، وتجدر الإشارة إلى عدم وجود تأثير معنوي لنوع المجفف المستخدم ولسماكة الشرائح في الحموضة الكلية القابلة للمعايرة .

الجدول(2): تأثير نوع المجفف وسماكة الشرائح في الحموضة الكلية القابلة للمعايرة.

نوع المجفف	سماكة الشرائح	
	5 ملم	**10 ملم**
مع مادة التخزين الحراري	0.069 a	0.067 a
بدون مادة التخزين الحراري	0.064 a	0.067 a
$LSD_{0.05}$ نوع المجفف	0.017	
$LSD_{0.05}$ سماكة الشرائح	0.017	
$LSD_{0.05}$ نوع المجفف × سماكة الشرائح	0.023	

تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية 0.05

لم يؤدِ استخدام نوعين من المجففات العاملة باستخدام الطاقة الشمسية (مع مادة التخزين الحراري، وبدون مادة التخزين الحراري) إلى حدوث تغير معنوي في محتوى شرائح التفاح المجففة من الحموضة الكلية القابلة للمعايرة على أساس حمض الماليك، وهذا يخالف ما أشارت إليه (طلي، 2015) من وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف

المستخدمة في كل من محتوى شرائح التفاح المجففة من الحموضة وذلك باستخدام ثلاثة أنواع من المجففات وهي المجفف الزجاجي باستخدام بالطاقة الشمسية، ومجفف بالهواء الساخن، ومجفف بالمشعات الكهربائية.

خامساً: الاستنتاجات:

1- انخفاض الزمن اللازم لإتمام عملية التجفيف مع إضافة مادة التخزين الحراري إلى السخان الهوائي للمجفف.
2- عدم وجود تأثير معنوي لنوع المجفف وسماكة الشرائح المستخدمة في نسبة الحموضة الكلية لشرائح التفاح المجففة.
3- عدم وجود تأثير معنوي لنوع المجفف في معدل التشرب لشرائح التفاح المجففة، في حين لوحظ وجود تأثير معنوي لسماكة الشرائح المستخدمة في معدل التشرب حيث كان معدل التشرب للشرائح ذات السماكة 10 ملم أعلى معنوياً بالمقارنة مع الشرائح ذات السماكة 5 ملم.

المراجع References:

المراجع العربية:

1. **شعشع، عماد الدين. 2003.** تجفيف الفاكهة. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي بمصر، معهد بحوث التكنولوجيا، نشرة رقم 687.
2. **طلي، روعة. 2015.** تأثير طرائق التجفيف الصناعي في محتوى شرائح التفاح المجففة من مضادات الأكسدة ومعايير الجودة. رسالة دكتوراه، جامعة دمشق.
3. **عبد الفتاح، أحمد شحاتة. 2015.** المجففات الشمسية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي بمصر، معهد بحوث التكنولوجيا، نشرة رقم 434.
4. المجموعة الإحصائية الصادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام 2016.

المراجع الأجنبية:

1. **Aboud, A. 2013**. Drying Characteristic of Apple Slices Undertaken the Effect of Passive Shelf Solar Dryer and Open Sun Drying. Pak. J. Nutr., V12 (3), PP: 250-254.
2. **Atalay, H., M. Çoban and O. Kıncay. 2017.** Modeling of the drying process of apple slices: Application with a solar dryer and the thermal energy storage system. Science Direct, V(134), PP: 382-391.
3. **AOAC. 2004.** Official method of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
4. **David, E. W. 2000.**Solar dryer systems and the internet : important resources to improve food preparation . International conference on solar cooking. Kimberly- South Africa.
5. **Ekedukuwa, O. V. and B, Norton. 1999**. Review of solar energy drying system II .An over view of solar drying technology – energy conservation and management .V(3) , pp: 615-655.
6. **El-Sebaii, A. A., S. Aboul-Enein., M. R. Ramadan. And H. G. El-Gohary. 2002**. Experimental investigation of an indirect type natural convection solar dryer. Energy Conversion and Management V(43), PP: 2251–2266.

7. **Ferree, D. C. and I. J. Warrington. 2002.** Apples: Botany, production and uses.24, PP: 620.
8. **Meisami-Asl, E., S. Keyhani and A. Tabatabaeefa. 2009.** Mathematical Modeling of Moisture Content of Apple Slices (Var. Golab) During Drying. Pak. J. Nutr., V (8), PP: 804-809.
9. **Moreira, R., A. Fequrirdo. and A. Sereno. 2000.** Shrinkage of apple disks during drying in warm air convention and freeze drying during technology. V (18)1-2, pp:279-294.
10. **Prakash, S., S.K. Jha and N. Datta. 2003.** Performance evaluation of blanched carrots by three different driers. J. Food Eng., 62: 305-313.
11. **Roger, G. and P, E. Gregoire. 1986.** Understanding solar food dryers . Published by volunteers in technical assistance, Virginia, USA.
12. **Sacilik, K. and A. K. Elicin. 2006.** An experimental study for solar tunnel drying of apple. Ankara University, v (11)2, pp207-211**.**
13. **Vlachos, N.A., karapantsios, T.D., Balauktsis, A.I. and Chassapis, D. 2002.** Design solar dryer. Drying Technology.20(5),pp:1239-1267.