المؤتمر السعودي الهندسي السادس - جامعة الملك فهد للبترول والمعادن - الظهران - شوال ١٤٢٣ هـ
مجلد ٢ ٣١

استخدام الطاقة الشمسية لحفظ التمور في المناطق الرطبة

إبراهيم بن عبد الرحمن العريفي[١]

١ : أستاذ بحث مساعد ,مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية- معهد بحوث الطاقة
البريد الألكتروني: ialarifi@kacst.edu.sa

الملخص

يؤدي إرتفاع الرطوبة الجوية خلال موسم نضج و جفاف التمور إلى إصابتها بالفطريات والخمائر. عليه قامت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم بالتعاون مع وزارة الزراعة بالمساهمة في حل هذه المشكلة الواقعية بتصـميم واختبـار مجففات شمسية ذات تكلفه اقتصادية منخفضة نسبيا لتجفيف التمور. دلت النتائج على أن نسبة التالف من التمور فـي منطقة القطيف قد يصل إلى ٦٠% في حالة ترك محصول التمور من نوع خلاص في عذوقها على النخيل حتى تجف نتيجة إرتفاع محتواها الرطوبي الذي يصل إلى ٤٠% عندما يبلغ النضج ٥٠% من الثمرة. أثبتت التجارب على مقدرة المجففات الشمسية بالوصول بتمور إلى محتوى رطوبي يمنع نمو الفطريات والخمائر عليها، و يعتمـد اختيـار نـوع المجفف أساساً على درجة الحرارة و الرطوبة النسبية أثناء فترة تحول التمور من مرحلة البسر إلى رطب و من ثم إلى تمر, بالإضافة إلى أسعار التمور في تلك السنة و تكاليف جني و مناولة و تقليب التمور. كذلك دلت النتائج على إنه من المجدي إقتصادياً استخدام المجففات المعلقة ذات التهوية الطبيعية على عذوق النخيل قبل موسم الرطوبة, أما إذا كانـت بداية الترطيب متوافقة مع إرتفاع رطوبة الهواء النسبية, فإنه من الأفضل جمع التمور التي بدأ عليها الترطيـب يوميـاً حتى لا تصاب بالخمائر و تجفيفها بواسطة المجففات الشمسية الأرضية.

كلمات دالة : المجففات الشمسية، تجفيف التمور، حفظ التمور، التجفيف في المناطق الرطبة، الخزن الحراري.

ABSTRACT

High humidity promotes fungus and bacteria to grow on dates during ripping stages because of their high moisture contents. Therefore, the researchers in the energy research institute in King Abdulaziz City for Science and Technology in cooperation with researchers at the Agricultural and water ministry developed economical solar dryers to speed up date drying rates up to a level that prevents spoiling. The results indicated that spoilage dates type KLASS were 60% in Al-Katif area when dates were lifted on the palm trees to dry naturally. The results also indicated that choosing the type of solar dryer depends on temperatures and relative humidity during ripping stages and the cost of dates at the time of drying. The results suggested that it was an economical way to dry dates on the palm tree using naturally ventilated hangings dryers before the humidity season. However, if the dates reach ripping stages during high relative humidity period, the dates should be bucked up daily and then dried by ground dryer types.

١. المقدمة

يتم تجفيف التمور بعدة طرق منها أفران التجفيف و الطرق التقليدية و المجففات الشمسية. التجفيف بالأفران سهل وسريع مقارنة بالطرق التقليدية أو المجففات الشمسية، ولكنه مكلف إقتصادياً ويستهلك طاقة كهربائية كبيرة نسبياً. أما التجفيف بطرق تقليدية المباشرة تحت الشمس أو فوق النخيل فيحتاج إلى يوم مشمس ورطوبة منخفضة وحرارة مرتفعة. ففي المناطق القريبة من البحر تكون الرطوبة النسبية مرتفعة جداً، ولذلك تحتاج عملية التجفيف التقليدي إلى وقت أطول مما يتسبب في فساد التمور(محمد و عبد المحسن, ١٩٩٢)، بالإضافة إلى أن التمور التي يتم تجفيفها شمسياً بالطرق التقليدية أقل جودة من التمور التي يتم تجفيفها بالمجففات الشمسية نظراً لتعرض التمور للغبار والأتربة والأمطار وزيادة فرصة تغذية الحشرات و الطيور عليها. كذلك وجد ان معظم الإصابات الحشرية تأتى بعد جني التمور و وضعها تحت الشمس لتجف و هي فترة محدودة ولكن التكاثر الحشري فيها يكون كبير جداً و بالتالي يؤثر على نوعية المنتج و تصنيعه و تصديره، حيث ان المواصفات فيما يتعلق بإصابات التمور الحشرية يجب أن لا تزيد على ٣% و بعض الدول تشترط أقل من هذه النسبة (عبد الرحمن , ١٩٩٩). و عليه تبرز أهمية تطوير أساليب ذات جدوى اقتصادية لحفظ التمور.

تمتاز المجففات الشمسية بالمقدرة على التحكم في درجات الحرارة و الإشعاع الشمسي، فقد وجد أن الحرارة العالية لها تأثير عكسي على القيمة الغذائية و الطعم و اللون و القوام (Ekechukwu 1999 ,Norton and)، كما أن تعريض الأغذية إلى الإشعاع الشمسي العالي يؤدي إلى فقدانها لونها الفاتح حيث يصبح لونها بني غامق نتيجة للأكسدة (Brenndorfer et al., 1985). كذلك وجد أن التجفيف بواسطة المجففات الشمسية سواء كانت المجففات ذات الهواء المدفوع بمراوح أو طبيعياً أسرع من التجفيف المباشر تحت الشمس بـ ٤٥ و ٢٠% على التوالي (Manohar and Chandra, 2000).

تعد المملكة من أكبر الدول المنتجة للتمور في العالم حيث يمثل إنتاجها ما يقارب ١٧% من الإنتاج العالمي من التمور والبالغ ثلاثة ملايين و نصف المليون طن. و تعتبر المنطقة الشرقية من أكبر مناطق المملكة المنتجة للتمور (١٤%) بعد المنطقة الوسطى (٢٩%) و ذلك حسب إحصائيات إدارة الدراسات الاقتصادية والإحصاء بوزارة الزراعة والمياه لعام ١٤١٨هـ. و يؤدي تعرض التمور إلى رطوبة نسبية عالية ولفترات طويلة خلال مرحلة نضج و جفاف التمور في المناطق الرطبة مثل منطقة القطيف في شرق المملكة العربية السعودية إلى بطئ شديد في تحول التمور من مرحلة الرطب إلى مرحلة تمر، و هذا يسهل إصابتها بالفطريات والخمائر نتيجة إرتفاع محتواها الرطوبي الذي يصل إلى ٤٠% عندما يبلغ النضج ٥٠% من الثمرة. و عليه تهدف هذه الدراسة إلى تصميم واختبار مجففات شمسية ذات تكلفه إقتصادية منخفضة نسبياً لتجفيف التمور في المناطق الرطبة.

٢. حساب معدل التجفيف و المحتوى الرطوبي

يحسب معدل التجفيف بعدة طرق منها النموذج الإحصائي الأتي (Bledsoe et al., 1996):

$$M(c) = M_o \ e^{-kt}$$

حيث:

M (c) عبارة عن المحتوى الرطوبي للتمور عند زمن t (decimal dry basis)

M_o عبارة عن المحتوى الرطوبي المبدئي (decimal dry basis)

K عبارة عن معامل التجفيف (١/ساعة)

t عبارة عن الزمن (ساعة)

و يمكن التعبير عن المحتوى الرطوبي في التمور إما على أساس جاف أو رطب, فالمحتوى الرطوبي على أساس رطب (MC_{wb}) عادة ما يستخدم في الأبحاث العلمية و يحسب بقسمة وزن الماء في عينة التمور على وزن الكلي للعينة:

$$MC_{wb}(\%) = \left[\frac{W_w}{W_d + W_w}\right] * 100$$

حيث:

MC_{wb} عبارة عن المحتوى الرطوبي على أساس رطب (%)

W_w عبارة عن وزن الماء (جرام)

W_d عبارة عن وزن المادة الجافة (جرام)

٣. المواد و طرق العمل

تم خلال عام ٢٠٠٠م تصميم وإختبار نوعين من المجففات الشمسية في منطقة القطيف شرق المملكة العربية السعودية:

١ - المجفف الشمسي المحمي

يتكون المجفف المحمي من بيت زراعي محمي نصف أسطواني ذو تهوية طبيعية بطول ٢٦ متر و عرض ٩ متر و مغطى بطبقة واحدة من البولي اثلين بسمك ٢٠٠ ميكرون (شكل ١)، جزء المجفف المحمي إلى جزئين متساويين, يحتوي الجزء الأول على خزن حراري مكون من تسعين برميل بقطر ٦٠ سنتمتر و ارتفاع ٩٠ سنتمتر مملوءة بالماء ومحكمة الإغلاق (شكل ٢)، بينما لا يحتوي الجزء الثاني على خزن حراري. و لحماية التمور من الإشعاع الشمسي العالي المباشر أثناء فترة الظهيرة، تم تظليل كلاً من الجزئين بسعف النخيل.

تم تركيب مدخنة شمسية (Solar chimney) فوق كل مجفف محمي (شكل ٣) وذلك لتحفيز التهوية الطبيعية للتخلص من بخار الماء الناتج من عملية التجفيف و منع إرتفاع درجة حرارة المجفف إلى مستوى يؤثر على طعم و لون التمور و محتواها الغذائي. قسمت المدخنة إلى أربعة أجزاء بواسطة ألواح حديدية (Galvanized steel) كما هو موضح في شكل ٤، وذلك لتحويل أشعة الشمس الساقطة على أسطح المدخنة إلى طاقة حرارية تساعد على تسخين الهواء داخل المدخنة، فتقل كثافته فيرتفع إلى أعلى خارج البيت المحمي ليحل محله هواء ذات درجة حرارة و رطوبة نسبية تساوي درجة حرارة و رطوبة الهواء الخارجي.

شكل ١: المجفف الشمسي المحمي

شكل ٢: خزن حراري مكون من تسعين برميل بقطر ٦٠ سنتمتر و ارتفاع ٩٠ سنتمتر مملوءة بالماء ومحكمة الإغلاق

شكل٣: مدخنة شمسية (Solar chimney) فوق المجفف الشمسي المحمي

شكل ٤ : السطح الداخلي للمدخنة الشمسية

تم تصميم المدخنة مبدئيا على أساس منع إرتفاع درجة حرارة المجفف فوق درجة الحرارة الخارجية بأكثر من ١٥ درجة سلسيوس، فعلى سبيل المثال، إذا كانت درجة حرارة الهواء الخارجية خلال الظهيـرة ٤٣ درجـة سلسيوس و الرطوبة النسبية ٤٠% و الإشعاع الشمسي ٩٥٠ وات/متر مربع، فقد وجد أنه لابد من تغيير هواء المجفف المحمي بمعدل ٠,٢ في الدقيقة وذلك لمنع إرتفاع درجة حرارة المجفف فوق ٥٧ درجة سلسـيوس، و عليه تم تصميم المدخنة الشمسية بقطر ١ متر و ارتفاع ٢ متر.

زود كل من المجففين المحميين بعدد ٦ مجسات (Thermocouple type T) لقياس درجة الحرارة الهواء الجافة و الرطبة في منتصف البيت المحمي و الهواء الداخل للمجفف و الخارج منه عبر المدخنة، بالإضافة إلى مجسات خارجية لقياس شدة الإشعاع الشمسي و سرعة و إتجاه الرياح (شكل ٥).

شكل ٥: مجسات خارجية لقياس شدة الإشعاع الشمسي و درجات الحرارة و سرعة و اتجاه الرياح

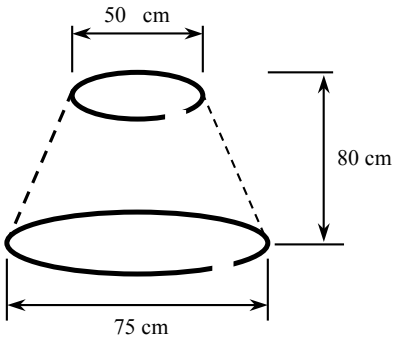
كذلك وضعت خليتين تحميل (Load-cell) بمدى ٢٠ كغم في منتصف كل مجفف لقياس التغير في المحتوى الرطوبي خلال عملية تجفيف (شكل **٦**). تم تسجيل جميع البيانات باستخدام Datalogger وبمعدل قراءه كل ١٠ دقائق (شكل ٧). و أجريت تجربة التجفيف داخل المجففين المحميين على تمور نوع خلاص و خنيزي في مراحل مختلفة من النضج في منطقة القطيف شرق المملكة العربية السعودية خلال الفترة من يوليو إلى سبتمبر لعام ٢٠٠٠ م.

شكل ٦: خلية تحميل (Load cell) لقياس التغير في المحتوى الرطوبي خلال

شكل ٧: Datalogger لتسجيل البيانات عملية التجفيف

٢ - المجفف الشمسي المعلق

المجفف الشمسي المعلق عبارة عن كيس بلاستيكي شفاف لتجفيف التمر مباشرة على النخلة. عملت عدة تصاميم للمجفف الشمسي المعلق, و قد وجد أن المجفف الشمسي شكل (٨) يتميز بسهولة التصنيع و التركيب و ذو تكلفة منخفضة. يتكون المجفف المعلق من حلقتين مفتوحتين مأخوذة من سيخ حديد ٤ مم بقطر ٥٠ سم للحلقة العلوية و ٧٥سم للحلقة السفلية أو حسب حجم عذق التمر. توضع الحلقة الكبرى في أسفل كيس بلاستيكي شفاف والحلقة الصغرى في أعلى الكيس ليعطي شكل مخروطي يضمن عدم ملاصقة التمر لكيس المجفف البلاستيكي و نزول الماء المتكثف على أسطح المجفف البلاستيكي إلى أسفل ومن ثم التخلص منه خلال فتحة في أسفل الكيس البلاستيكي مساحتها تقارب ١٠سم مربع، كذلك يوجد فتحه في أعلى المجفف (١٠سم مربع) لتجدد الهواء. يوضع عذق التمر داخل المجفف ومن ثم تثبت الحلقة العلوية على إحدى الجريد الملاصقة للعذق.



شكل ٨: المجفف الشمسي المعلق

تشكل التمور مبكرة النضج (خنيزي) و متأخرة النضج (خلاص) الصنفين الأساسين في منطقة القطيف، و لذلك تم تركيب المجفف المعلق على عذوق النخل نوع خنيزي في شهر مايو أي أثناء تحول الثمرة من اللون الأخضر إلى الأحمر و على نوع خلاص في شهر يونيو، أي بعد تحول الثمرة من اللون الأخضر إلى الأصفر، و امتدت هذه التجربة من مايو إلى أغسطس. تم تركيب حساسات (Thermocouples) لقياس درجة حرارة الهواء الجافة و الرطبة بالقرب من مخرج و مدخل إحدى المجففات المعلقة والتي كانت على نخلة من نوع خنيزي, وتم توصيل هذه الحساسات بمسجل البيانات.

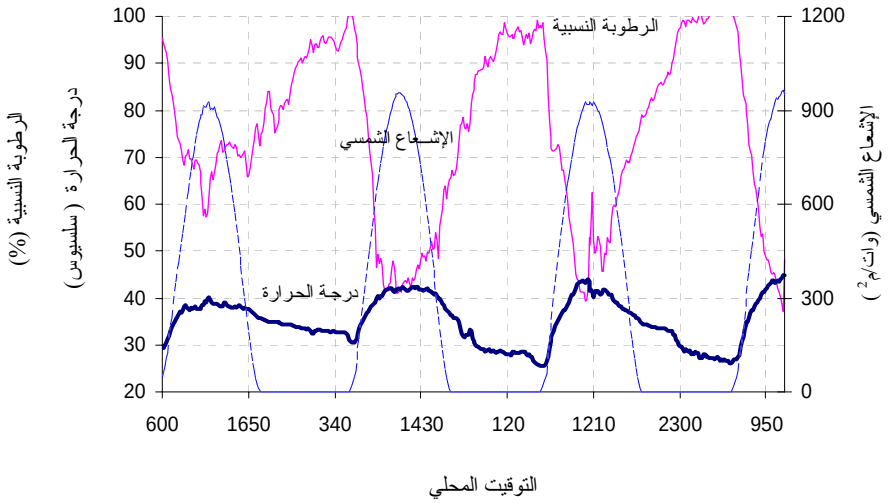
٤. النتائج و المناقشة

١ ـ المجفف الشمسي المحمي

١-١ الطقس

تتمتع منطقة القطيف بجو حار و رطب أثناء موسم نضج و جفاف بعض أصناف التمور، فعلى سبيل المثال كانت الرطوبة النسبية خلال ٢١-٢٣ أغسطس بين ٤٠ و ٩٩% (شكل ٩)، أما درجة الحرارة فكانت

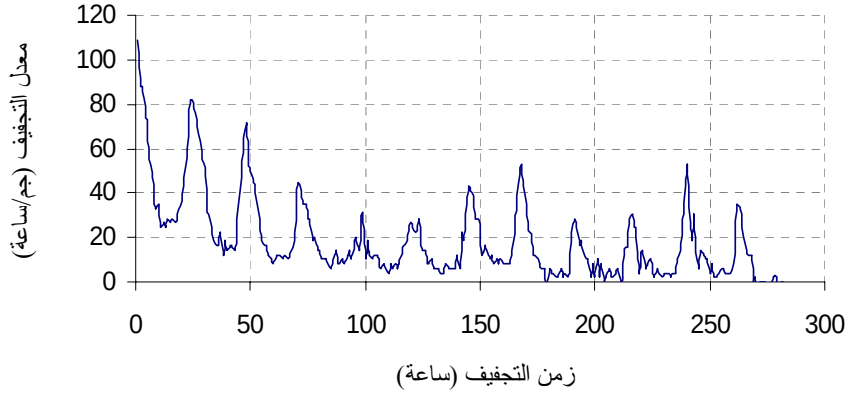
ما بين ٢٥ في الصباح الباكر و ٤٤ درجة سلسيوس في حوالي الساعة الواحدة ظهراً. كذلك وجد أن الإشعاع الشمسي الساقط على المجفف المحمي خلال النهار يقارب ١٥٤٤ كيلو وات ساعة في اليوم (٦,٦ كيلـو وات ساعة لكل متر مربع) أو ما يعادل الطاقة المخزونة في ٣٨ جالون من النفط.



شكل ٩: مثال على معدل درجات الحرارة و الرطوبة النسبية للهواء و الإشعاع الشمسي خلال موسم نضج و جفاف التمور في منطقة القطيف (أغسطس ٢١-٢٣)

٢-١ معدلات التجفيف

على الرغم من إرتفاع رطوبة الهواء النسبية في منطقة القطيف, إلا أن النتائج دلت على قدرة المجفـف الشمسـي المحمي على تسريع نضج وجفاف التمور و منع نمو الفطريات والخمائر. يوضح الشكل (١٠) قدرة المجفف على تقليل



شكل ١٠: معدل التجفيف لعينة تمر من نوع خنيزي محملة على خلية تحميل

المحتوى الرطوبي لعينة من تمر خنيزي (١٤ كيلو جرام)، و المحملة على خلية تحميل (Load cell), حيث يلاحظ استمرار عملية التجفيف بمعدلات مختلفة أثناء الليل و النهار و إعتماد معدل التجفيف على زمن التجفيف و رطوبة الهواء النسبية و درجة الحرارة داخل المجفف الشمسي. كذلك وجد أنه بالإمكان الوصول إلى محتوى رطوبي (٢٠%) خلال ٨ أيام تقريباً من بداية عملية التجفيف، و إزدياد الحاجة إلى طاقة اكبر أو زمن أطول لإزاله الماء المتبقي في التمور خلال المراحل النهائية من عملية التجفيف، فقد وجد أن المحتوى الرطوبي يتناقص من ٤٠ إلى ٣٠% خلال ٥٠ ساعة فقط بينما يتناقص من ٣٠ إلى ٢٠% خلال ما يقارب ١٠٠ ساعة.

٣-١ تأثير الرطوبة خلال الليل على معدل التجفيف

دلت النتائج على أنه بالإمكان أن تنتقل الرطوبة خلال الليل من الهواء المحيط إلى عينة التمور عندما يكون المحتوى الرطوبي للتمور على أساس رطب أقل من ٣٠% و رطوبة الهواء النسبية أكثر من ٧٠%, وهذا المعدل يقارب ١ جم ماء/ساعة/كيلو جرام تمر، ومع طلوع الشمس تفقد هذه الرطوبة المكتسبة خلال الساعة الأولى تقريباً، و ذلك بسبب أن الرطوبة المكتسبة خلال الليل تكون على أسطح التمور الخارجية أو بالقرب منها و بالتالي فأن الطاقة اللازمة لإزالتها تكون صغيرة نسبياً.

٤-١ تأثير الخزن الحراري على معدل التجفيف

دلت النتائج على مقدرة الخزن الحراري المائي على إبقاء درجة حرارة المجفف ٤-٥ درجات سلسيوس فوق درجة حرارة الهواء الخارجية أثناء الليل، بينما كانت درجة حرارة المجفف الذي لا يحتوي على خزن حراري مائي أعلى من درجة الحرارة الخارجية بدرجة مئوية واحدة أثناء الليل. كذلك يقوم الخزن الحراري المائي بإمتصاص الإشعاع الشمسي المباشر الساقط عليه و تحويلة إلى طاقة حرارية مخزونة، و عليه كانت درجة حرارة المجفف ٥ درجات مئوية فوق درجة حرارة الهواء الخارجية خلال فترة الظهيرة، أما درجة حرارة المجفف الشمسي بدون خزن حراري مائي فكانت أعلى من درجة حرارة الهواء الخارجية بـ ٨ درجات سلسيوس.

أما تأثير الخزن الحراري المائي على رطوبة هواء المجفف، فقد وجد أن الرطوبة النسبية للمجفف الذي يحتوي على خزن حراري أقل من رطوبة الهواء الخارجي بمعدل ١٠-٢٥% أثناء الليل. بينما كانت الرطوبة النسبية للمجفف الذي لا يحتوي على خزن حراري أقل من رطوبة الهواء الخارجي بما يقارب ١-١٠% أثناء الليل.

كذلك دلت النتائج على أن معامل التجفيف k لعينة التمور في المجفف الشمسي ذو الخزن الحراري المائي يقارب ٠,٠٠٣٧ و يقارب ٠,٠٠٤٣(١/ساعة) لعينة التمور في المجفف الذي لا يحتوي على خزن حراري مائي. و عليه فان معدل تجفيف التمر نتيجة إضافة الخزن الحراري المائي للمجفف أقل من معدل تجفيف التمور في المجفف بدون خزن حراري. و لعل السبب هو إرتفاع درجات حرارة المجفف الذي لا يحتوي على خزن حراري نتيجة لإرتفاع الإشعاع الشمسي الساقط عليه أثناء ساعات النهار، و لهذا يمكن الاستغناء عن الخزن الحراري (٩٠ برميل بقطر ٦٠ سم و ارتفاع ٩٠ سم مملوءة بماء و محكمة الإغلاق) حيث انه اخذ حيزاً يقدر بثلث مساحة المجفف المحمي و زاد من تكاليف عملية التجفيف. وقد يكون إضافة الخزن الحراري مجدي اقتصادياً لتجفيف الأغذية خلال فصل الشتاء، حيث تصل درجة حرارة الهواء الخارجية إلى أقل من ١٥ درجات سلسيوس أثناء الليل مع إرتفاع في الرطوبة النسبية.

١-٥ تصميم مدخنة المجفف المحمي الشمسي (Solar Chimney)

دلت التجارب على أن سرعة الهواء في المدخنة الشمسية تقارب ٠,٨٥ متر في الثانية خلال فترة الظهيرة. وعليه فإن قطر المدخنة الشمسية اللازم لمنع إرتفاع درجة حرارة المجفف فوق ٥٥ درجة سلسيوس هو ١,٢ متر، حيث يسمح بتغير هواء المجفف بمقدار ٠,٢ في الدقيقة (٥٧ متر مكعب في الدقيقة). و هذا مقارب للتصميم المبدئي لقطر المدخنة و الذي كان ١ متر.

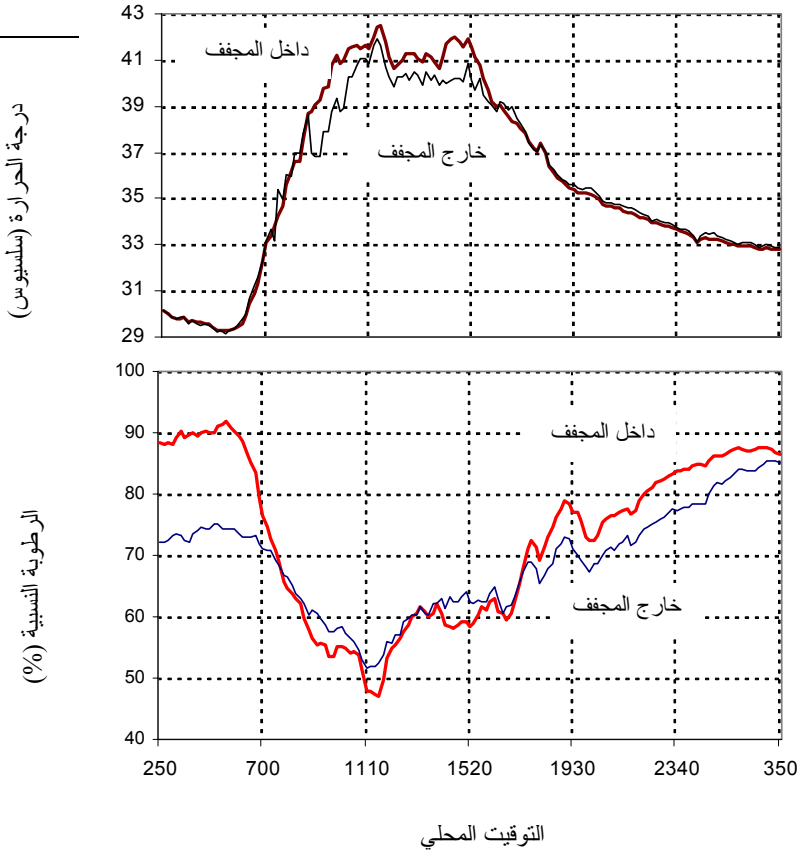
تعتمد القوة اللازمة لدفع الهواء خلال المدخنة إلى أعلى على الفرق بين كثافة الهواء في المدخنة (ρ_{ch}) و كثافة الهواء الخارجي (ρ_a) أو Buoyancy force. و لحساب سرعة الهواء في المدخنة نتيجة Thermal buoyancy من المعادلة التالية:

$$V = C\sqrt{g\Delta h\frac{Ti - To}{Ti}}$$

حيث g عبارة عن معامل الجاذبية الأرضية, و h تمثل ارتفاع المدخنة و C عبارة عن معامل خروج الهواء من المدخنة (Coefficient of discharge)، فان النتائج دلت على ان متوسط قيمة C يقارب ٠,٤ متر/ثانية.

٢- المجفف الشمسي المعلق

يوضح شكل ١١ قدرة المجفف المعلق على نخلة صنف خنيزي على إبقاء درجة حرارة المجفف من ١ إلى ٣ درجات سلسيوس فوق درجة الحرارة الخارجية خلال ساعات النهار، و يصحب ذلك إنخفاض في الرطوبة النسبية بمقدار ١٠-١٠%. أما خلال ساعات الليل فتكون درجة الحرارة الهواء الخارجية مساوية لدرجة حرارة المجفف تقريباً، مما يقلل أو يوقف عملية التهوية الطبيعية للتخلص من بخار الماء الناتج من عملية التجفيف، فيؤدي ذلك إلى إرتفاع رطوبة هواء المجفف النسبية فوق رطوبة الهواء الخارجي بمقدار ١- ١٥%.



شكل ١١: مقارنة بين درجة حرارة و رطوبة الهواء النسبية داخل المجفف المعلق مع حرارة و رطوبة الهواء الخارجي

كذلك دلت النتائج على أن المجفف الشمسي المعلق ساهم في نضج وجفاف التمور المبكرة نسبياً مثل صنف خنيزي بسبب إنخفاض معدلات الرطوبة في بداية موسم التمور في منطقة القطيف، و كذلك حمايتها من الإصابات الحشرية والطيور والغبار. أما الأصناف المتأخرة مثل صنف خلاص والتي يصادف بداية الترطيب موسم الرطوبة النسبية العالية في منطقة القطيف، فإن المجفف المعلق أعطى نتائج غير إيجابية بسبب إرتفاع الرطوبة الجوية، حيث أن العامل الأساسي في جفاف التمور خلال موسم الرطوبة العالية كان يعتمد على تقليل نسبة رطوبة للهواء المحيط بتمور عن طريق التهوية الجيدة.

و عليه يمكن التوقع بأن يساهم المجفف المعلق في نضج وجفاف التمور في المناطق التي تنخفض فيها نسبة الرطوبة الجوية خلال موسم نضج و جفاف التمور مثل المنطقة الوسطى و منطقة الأحساء و المناطق التي تبداء فيها درجات الحرارة بالإنخفاض قبل نضج التمور مثل المنطقة الشمالية، بالإضافة إلى حماية التمور من الإصابات الحشرية و الفطرية.

٥. الخلاصة

دلت النتائج على:

١ أن نسبة التالف من التمور من نوع خلاص في منطقة القطيف يصل إلى ٦٠% في حالة ترك محصول التمور على النخيل حتى يجف نتيجة إرتفاع محتواها الرطوبي الذي يصل إلى ٤٠% عندما يبلغ التمر ٥٠% من الثمرة و إرتفاع رطوبة الهواء النسبية خلال نضج و جفاف هذا الصنف من التمور.

٢ مقدرة المجفف الشمسي المحمي بالوصول بالتمور إلى محتوى رطوبي ٢٠% (على أساس رطب) خلال ما يقارب ٨ أيام في بيئة عالية الرطوبة النسبية (٣٠ إلى ٩٩%).

٣ أن استخدام الخزن الحراري المائي لإمتصاص الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على المجفف المحمي و تحويلة إلى طاقة حرارية مخزونة لرفع درجة حرارة المجفف أثناء الليل، لم يرفع قيمة معامل التجفيف، و اخذ حيزاً يقدر بثلث مساحة المجفف المحمي و زاد من تكاليف عملية التجفيف.

٤ مقدرة المجفف المعلق على رفع درجة حرارة البيئة المحيطة بالتمور ١-٣ درجات سلسيوس فوق درجة حرارة الهواء الخارجي خلال النهار، مما سرع نسبياً نضج و جفاف التمور بالإضافة إلى حفظها من الحشرات و الغبار.

٦. الجدوى الاقتصادية و التوصيات

تعتمد حسابات الجدوى الاقتصادية لاستخدام المجففات الشمسية لحفظ التمور على أسعار التمور في تلك السنة و تكاليف تصنيع و جني و مناولة و تغليب التمور. و تمتاز البيوت الزراعية البلاستيكية بإنخفاض تكلفة إنشائها (١٠ إلى ١٧ ألف ريال) وبتواجدها في معظم المزارع لزراعة الخضار خلال فصول السنة ماعدا فصل الصيف بسبب إرتفاع درجة حرارتها فوق ٥٠ درجة سلسيوس خلال فترة الظهيرة، و هذا يجعلها بيئة مناسبة للتجفيف ولكن من الصعب على العمالة تحملها لفترة طويلة. لذلك يجب إنشاء غرفة أو مظلة بجانب المجفف لفرز التمور و كبسها، و إنشاء رفوف متحركة من الخشب أو Stainless-steel لوضع التمور عليها داخل المجفف، بحيث يكون الزمن الذي يقضيه العامل في بيئة المجفف المحمي يقتصر على وضع الرفوف داخل المجفف أو نقلها لإجراء عملية الفرز أو التقليب.

كذلك تبدو المجففات الشمسية الأرضية غير مجدية اقتصادياً في المناطق الساحلية التي لا يوافق موسم ترطيب التمور موسم الرطوبة النسبية العالية، حيث ان نسبة التالف من التمور في حالة تركها على النخيل لتجف لا تتعد ١٥% وفي حالة نقلها إلى المجففات الأرضية فان نسبة التالف قد تكون أكبر من ذلك. أما إذا توافق بداية ترطيب التمور مع موسم الرطوبة النسبية العالية في المناطق الساحلية، فأن نسبة التالف من التمور تقارب ٦٠%، و عليه فإنه من الأفضل جمع التمور التي بدأ عليها الترطيب يوميا حتى لا تصاب بالخمائر ومن ثم بيعها أو تجميدها أو إستخدام المجففات الشمسية الأرضية لتجفيفها.

أما المجففات المعلقة ذات التهوية الطبيعية فتبدو مجدية إقتصادياً وذلك لإنخفاض تكاليف تصنيعها و سهولة تركيبها، بالإضافة إلى مقدرتها على حماية التمور من الإصابات الحشرية و الفطرية مما يقلل الحاجة إلى استخدام المبيدات في رش النخيل.

المراجع

١. عبد الرحمن الغنام، ١٩٩٩، "التمور غذاء و صناعة و هموم و أراء"، أسبوع التمور الفاخر الثاني بالعفارية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢. محمد مكي و عبد المحسن الشعوان, ١٩٩٢، "المشروع الشمسي لإنضاج و تجفيف التمور في المملكة العربية السعودية"، تقرير غير منشور، المركز الإقليمي للأبحاث بالهفوف، المملكة العربية السعودية.

3. Bledsoe B, J. Jaggers, B. Bearden, and J. Bernard. 1996. Hollow bale hay drying with a solar-heated, forced-air facility. ASAE Paper No. 961027. ASAE, St. Joseph, MI.
4. Brenndorfer, B., L. Kennedy, C. Mrema, G. Wereko. 1985. Solar dryers-their role in post harvest processing. Commonwealth Secretariat Publications, London, U.K.
5. Ekechukwu O. and B. Norton. 1999. Review of solar-energy drying systems. Energy Conversion & Management 40:615-655.
6. Manohar K. and P. Chandra. 2000. Drying of agricultural produce in a greenhouse type solar dryer. Agricultural Engineering Journal 9(3&4):139-150.

الصفحة الأولى