# دراسة تأثير إضافة فرشة أنابيب مياه بلاستيكية في الأداء الحراري لمجفف شمسي للبصل

اعداد: علي عبدو اشراف:د.محمد باكير

**الملخص :**

استخدام المجففات الشمسية من أهم الوسائل للحفاظ على الأغذية ، وتخزينها بأقل التكاليف الممكنة ، وعدم الإضرار بالبيئة ، ولكن تكمن مشكلة المجففات الشمسية في المدة الزمنية الطويلة اللازمة للانتهاء من عملية التجفيف، ومعدل التجفيف القليل، وبالإضافة لضعف الأداء الحراري ، لذلك كان من الضروري إجراء المزيد من الدراسات لرفع درجة حرارة هواء التجفيف . فقد تم تصميم مجفف شمسي منخفض التكلفة، ودراسة تأثير إضافة فرشة أنابيب مياه بلاستيكية في الأداء الحراري لمجفف شمسي للبصل الذي لم يستخدم من قبل لتسخين هواء التجفيف، حيث يعتبر البصل من الخضراوات الهامة في العالم. يتكون المجفف الشمسي من: مجمع شمسي ،غرفة تجفيف، مدخنة وانابيب مياه بلاستيكية p v c . طول الانبوب 6 m وبقطر 2 inches ومجمعين من البلاستيك بطول 2 m و بقطر 4 inches ، حيث المجمع عبارة عن إطار مصنوع من الحديد على شكل شبه منحرف بطول 6 m وعرض2m مغطى بغطاء بلاستيكي شفاف من البولي اتلين ، مقدمة المجمع بارتفاع 0.6 m اما ارتفاعه من الجهة الأخرى 1 m ، غرفة التجفيف مغطاة بالكامل بغطاء بلاستيكي شفاف من البولي اتلين أبعاد غرفة

التجفيف: الطول 2 m والعرض 0.5 m , وتحتوي على ثلاثة رفوف بطول 2 m وعرض 0.5m، توضع فوق بعضها البعض المسافة بين الرفوف0.5 m المدخنة بارتفاع 3m وقطر0.15m . تم تقطيع البصل الى شرائح دائرية بعد تقشيره بسماكة 3 mm ، وتحميله على الرفوف الثلاثة بمعدل3.3 kg/m2 . تم إجراء خمس اختبارات على المجفف ، الاختبار الأولي كان في حالة أرضية المجمع رمل فقط ، أما الاختبار الثاني كانت النسبة لفرشة الأنابيب البلاستيكية إلى مساحة المجمع 25%, الاختبار الثالث كانت النسبة 50% , الاختبار الرابع % 75 ,اما الاختبار الخامس فأن النسبة 100%، وأظهرت النتائج أن إضافة فرشة الأنابيب البلاستيكية قد سرع عملية التجفيف للوصول لمحتوى رطوبة مناسب من 23h في الاختبار الاول الى12h في الاختبار الخامس ، وتحسن معدل التجفيف من128.7 g/h الى246.5 g/h ، وكذلك ارتفع فرق درجات الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع من15 $c^0$ الى24.7 $c^0$، وازدادت كفاءة المجمع من 46% الى 72% وقت الذروة .

**الكلمات المفتاحية** (مجفف شمسي; بصل ; مردود مجمع ; محتوى الرطوبة ; فرشة أنابيب مياه بلاستيكية).

# A study of the effect of adding a plastic water pipe mattress Thermal of a solar dryer for onions

**Abstract** :

Using solar dryers is one of the most important methods for preserving and storing food at the lowest possible cost and without harming the environment. However, the problem with solar dryers lies in the long drying time required, the low drying rate, and their poor thermal performance. Therefore, further studies were necessary to increase the drying air temperature. A low-cost solar dryer was designed, and the effect of adding a plastic water pipe bed on the thermal performance of a previously unused onion dryer was studied. Onions are considered one of the most important vegetables in the world. The solar dryer consists of: a solar collector, a drying chamber, a chimney, and plastic water pipes. The PVC pipe is 6 m long and 2 inches in diameter, and there are two plastic collectors, each 2 m long and 4 inches in diameter. The collector is a trapezoidal iron frame, 6 m long and 2 m wide covered with a transparent polyethylene plastic sheet. The front of the collector is 0.6 m high, while the other side is 1 m high. The drying chamber is completely covered with a transparent polyethylene plastic sheet. The dimensions of the drying chamber are 2 m long and 0.5 m wide and

it contains three shelves each 2 m long and 0.5 m wide, stacked on top of each other with a distance of 0.5 m between the shelves. The chimney is 3 m high and 0.15 m in diameter. The onions were peeled, sliced into rounds 5 mm thick, and loaded onto the three shelves at a rate of 3.3 kg/m². Five tests were conducted on the dryer. The initial test was conducted with the collector floor being sand only. The second test had a ratio of plastic pipe bed to collector area of 25%. The third test had a ratio of 50%. The fourth test had a ratio of 75%. The fifth test had a ratio of 100%. The results showed that adding the plastic pipe bed accelerated the drying process to reach a suitable moisture content from 23 hours in the first test to 12 hours in the fifth test. The drying rate improved from 128.7 g/h to 246.5 g/h. The temperature difference between the collector outlet and inlet also increased from 15°C to 24.7°C. The collector efficiency increased from 46% to 72% at peak time.

**Keywords**: (Solar dryer ;Onion; Moisture content; Collective returns; Water pipe brush; Plastic).

## 1- المقدمة:

يُعدّ التجفيف عملية أساسية في حفظ المحاصيل الزراعية وأيضا في العديد من الصناعات وتعرف بأنها عملية إزالة الرطوبة من المنتج، ويمكن تنفيذها على مرحلتين، في المرحلة الأولى تزال الرطوبة الموجودة داخل المنتج إلى السطح وتجفف في الهواء بمعدل ثابت على شكل بخار ماء. أما المرحلة الثانية فتتضمن معدل تجفيف بطيء، وتعتمد هذه العملية على خصائص المادة المراد تجفيفها ويمكن تجفيف المواد المختلفة، وهي الغازات والسوائل والمواد الصلبة، بطرق مختلفة يُعد التجفيف الشمسي مناسبا" بشكل خاص للدول الواقعة في الحزام الشمسي للأرض، يُعد استهلاك الطاقة أحد أهم الاعتبارات في أنظمة التجفيف. ويعتمد استهلاك الطاقة على نوع المنتجات المراد تجفيفها. ويؤدي استخدام المجففات التقليدية إلى ارتفاع استهلاك الطاقة والتكاليف [1]. إن استخدام المجففات الشمسية من أهم الوسائل للحفاظ على الأغذية وتخزينها بأقل التكاليف الممكنة وعدم الإضرار بالبيئة ، فقد تم تصميم مجفف شمسي منخفض التكلفة ودراسة تأثير إضافة فرشة أنابيب مياه بلاستيكية في الأداء الحراري لمجفف شمسي للبصل الذي لم يستخدم من قبل لرفع درجة حرارة هواء التجفيف، حيث يعتبر البصل من الخضراوات الهامة في العالم ، و يحتل المرتبة الثانية بين جميع الخضروات في الاقتصاد العالمي بقيمة تقدر $ 6 billionسنويا، وازداد إنتاج البصل في العالم بنسبة 25%على الأقل خلال السنوات العشرة الماضية ، حيث بلغ الإنتاج العالمي من البصل حوالي 44 million tons ،مما يجعله ثاني أهم محصول زراعي بعد الطماطم[2].أما انتاج سوريا من البصل الجاف الاحمر

فقد بلغ لعام 2021 حوالي 76700 tonالى مساحة 6882 hectare.[3] تنقسم الورقة على النحو الآتي : يقدم القسم الثاني مشكلة البحث، ويعرض القسم الثالث والرابع هدف البحث وأهميته أما القسم الخامس فيبين النموذج المقترح، بينما يوضّح القسم السادس الإعدادات التجريبية ، ويناقش القسم السابع النتائج وتفسيراتها، ويختتم القسم الثامن بالاستنتاجات والتوصيات.

**2- مشكلة البحث:**

- المدة الزمنية الطويلة اللازمة لعملية التجفيف- معدل التجفيف القليل
- ضعف الأداء الحراري- ضرورة إجراء المزيد من الدراسات حول عملية رفع درجة حرارة هواء التجفيف.

**3-هدف البحث :**

- تصميم مجفف شمسي مختلط منخفض التكلفة ،التحقق من النموذج تجريبياً، دراسة الأداء الحراري للمجفف المقترح ، تسريع عملية التجفيف بإضافة فرشة أنابيب مياه بلاستيكية في أرضية المجمع.

**4-أهمية البحث :**

استخدام المجففات الشمسية من أهم الوسائل للحفاظ على الأغذية ، وتخزينها بأقل التكاليف، وعدم الإضرار بالبيئة ، وهذا النظام يستخدم ميزة أنابيب الماء البلاستيكية كتخزين حراري ، التي لم تجرب قبل في أنظمة التجفيف بالإضافة للرمل ايضا" كتخزين حراري. كما تعمل استخدام المجففات الشمسية على تقليل استهلاك مصادر الطاقة التقليدية ، وبالتالي ترشيد استهلاك الطاقة .

**5-الدراسات المرجعية :**

**قامت الدراسة (4)** بدراسة التجفيف الحراري للبصل باستخدام سخان الهواء الشمسي مسطح أبعاده 1.82 m× 0.92 m ×0.32m غرفة التجفيف أبعادها كالتالي

1 m × 0.72 m× 0.66 m كانت الرطوبة الأولية في البصل 93% وانخفضت إلى 5% .الزمن اللازم للتجفيف 16h. الكمية المجففة 6 kg .خلصت الدراسة إلى أن سخان الهواء الشمسي المسطح المصمم جفف البصل في فترة زمنية قصيرة.

**قدمت الدراسة (5)** تصميم لمجفف شمسي يغطي مساحة 3 m × 3 m من الأرض يستخدم $1m^2$ منها لغرفة التجفيف . تم تقطيع شرائح البصل بسماكة 3 mm .تم تجفيف الشرائح من محتوى الرطوبة الأولي 87.10% إلى محتوى رطوبة نهائي بنسبة 9.1% خلال زمن 10h في التدوير القسري، وكان معدل التجفيف الأقصى لشرائح البصل.6 kgh2o/kg. ms. بينما في التجفيف الشمسي في الهواء الطلق كان معدل التجفيف الأقصى.kgh2o/kg. ms 0.82. استغرق تجفيف شرائح البصل حتى محتويات الرطوبة النهائية 20h في التجفيف الشمسي بالحمل الطبيعي ، وثلاثة أيام التجفيف الشمسي في الهواء الطلق. كمية البصل المجففة 7.5 kg .

**صممت الدراسة (6)** نموذج اولي لمجفف شمسي معدل لتجفيف شرائح البندورة والتفاح والكشك واختباره ومقارنته مع التجفيف الشمسي المباشر. يعتمد عمل المجفف على مبدأ تسخين الماء باستخدام وحدة تسخين ماء بالطاقة الشمسية وثم تمريره ضمن حجرة تجفيف عبر مشعات ويجري الماء عن طريق مضخة 12 v مع بطارية ولوح شمسي لتأمين التغذية الكهربائية للجهاز. حيث قلل المجفف الشمسي زمن التجفيف للبندورة بحوالي 56% بالمقارنة مع التجفيف الشمسي المباشر المفتوح.

**بحثت الدراسة (7)** تصميم مجفف شمسي مختلط على شكل شبه منحرف مغطى بالزجاج بأبعاد 5 m × 6 m من مساحة الأرض. ارتفاع الجدار الجنوبي 1 m والشمالي 2 m .تم اختيار أربعة منتجات البصل والطماطم والملوخية والنعناع. وتم حساب الكمية المطلوبة من كمية الإشعاع الشمسي للوصول إلى محتوى الرطوبة النهائي للمنتج .وجد أن أوراق الملوخية تتطلب وقت أقل وجرعة إشعاع شمسي اقل لتجفيفها مقارنة بأوراق النعناع نظرا لمساحة سطحها الأكبر من أوراق النعناع .في المنتجات التي تحتوي على كمية كبيرة من محتوى الماء مثل الطماطم والبصل يتطلب التجفيف المزيد من الوقت وكمية الإشعاع الشمسي اكبر . لقد وجد أن الطماطم تتطلب وقت أقل وكمية إشعاع شمسي أقل من البصل حيث أن معدل انتقال الرطوبة من وسط المنتج إلى سطح الطماطم الخارجي أعلى من البصل

**6- الجانب النظري :**

**6-1 دراسة الكفاءة الحرارية للمجمع الشمسي :**

**6-1-1 - حساب كمية الطاقة المفيدة التي يكتسبها الهواء من الاشعاع في المجمع :**

$$Q_{us} = \dot{m} \times cp \times (Tco - Ti) \ldots . [8]$$

$\dot{m}$ : معدل تدفق الهواء kg/s.

$cp$ : السعة الحرارية النوعية للهواء $j / kg .c^0$ .

Tco : درجة حرارة الهواء عند مخرج المجمع الشمسي $c^0$.

Ti : درجة حرارة الهواء الداخل الى المجفف $c^0$.

**6-1-2 مقدار الطاقة الحرارية على المجمع الشمسي من الاشعاع الشمسي :**

$$Q\,c = Ic \times Ac \quad \ldots.[8]$$

$Ic$ : تدفق الاشعاع الشمسي على المجمع $w/m^2$

$Ac$ : المساحة الفعالة للمجمع الشمسي $m^2$

**6-1-3 حساب الكفاءة الحرارية للمجمع %:**

$$\eta_c = \frac{ma \times cp \times (Tco - Ti)}{Ac \times Ic} \quad \ldots.[8]$$

**6-2 - حساب معدل فقدان الرطوبة من شرائح البصل :**

كمية الماء التي تزال من المنتج طوال فترة التجفيف هي :

$$m_w = \frac{m_i\,(M_{ci} - M_{cf})}{(100 - M_{cf})} \quad \ldots. [9]$$

$m_w$ : كمية الماء المتبخرة ب Kg

mi : الكتلة الأولية للمنتج قبل التجفيف ب kg

$M_{ci}$ : محتوى الرطوبة الاولي على أساس رطب%

$M_{cf}$ : محتوى الرطوبة النهائي على أساس رطب %

**3-6 - دراسة الانتقال الحراري في المجمع الشمسي :**

**صافي الإشعاع خارج الدفيئة:**

$$R_{n.e} = R_a - R_{C.e}.$$

$R_a$ :الاشعاع المنبعث من السماء $w/m^2$

$R_{C.e}$ : الاشعاع المنعكس من السطح الخارجي للغطاء $w/m^2$

**صافي الإشعاع داخل الدفيئة :**

$$R_{n.i} = R_{C.i} - R_S$$

$R_{C.i}$ :الاشعاع المنبعث من السطح الداخلي للغطاء $w/m^2$

$R_S$ :الاشعاع المنعكس من سطح الارض $w/m^2$

**توازن الطاقة على سطح التربة :**

$$R_{n.i} + H_S + C_S + \lambda E_S = 0 \ldots [10]$$

$H_S$ :الحمل الحراري بين الهواء الداخلي وسطح الأرض $w/m^2$

$C_S$ : تدفق التوصيل على سطح التربة $w/m^2$

$\lambda$ : حرارة التبخر الكامنة J/Kg

$E_S$ : معدل تبخر التربة $kg/m^2.h$

**معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الهواء الداخلي والتربة:**

$$h_s = \frac{H_S}{T_{i-T_S}}$$

$h_s$ : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الهواء الداخلي والتربة

$W/m^2.k$

$T_i$ : درجة حرارة الهواء داخل المجمع $c^0$

$T_S$ : درجة حرارة سطح التربة $c^0$

**توازن الطاقة على السطح الداخلي للغطاء :**

$$H_{S+}\ H_{C,i+}\ H_{f.s=0} \quad \ldots[10]$$

$H_{C,i}$ :الحمل الحراري بين الهواء الداخلي والسطح الداخلي للغطاء

$w/m^2$

$H_{f.s}$ :انتقال الحرارة المعقولة عن طريق التسرب $w/m^2$

**معامل الانتقال الحراري بالحمل بين الهواء الداخلي والغطاء الداخلي**

$$h_{c.i} = \frac{A_g}{A_C}\ \frac{H_{C.i}}{T_i - T_{C.i}} \quad \ldots[10]$$

$A_g$ : مساحة الارض للمجمع $m^2$

$A_C$ : مساحة الغطاء $m^2$

$T_{C.i}$ : درجة حرارة السطح الداخلي للغطاء $c^0$

**توازن الطاقة على كامل الغطاء :**

$$R_{n.i+}\ R_{n.e+}\quad H_{C.i+}\quad H_{C.e=0}$$

$R_{n.i}$ : صافي الاشعاع داخل الدفيئة $w/m^2$

$R_{n.e}$ : صافي الاشعاع خارج الدفيئة $w/m^2$

$H_{C.i}$ : الحمل الحراري بين الهواء الداخلي و السطح الداخلي للغطاء

$H_{C.e}$ :الحمل الحراري بين الهواء الخارجي والسطح الخارجي للغطاء

**معامل الانتقال الحراري بالحمل بين الهواء الخارجي وسطح الغطاء الخارجي :**

$$h_{c.e} = \frac{A_g}{A_C}\ \frac{H_{C.e}}{T_e - T_{C.e}} \quad \ldots[10]$$

$T_e$ : درجة حرارة الهواء الخارجية $c^0$

$T_{C.e}$ : درجة حرارة السطح الغطاء الخارجي $c^0$

**7- مواد البحث وطرائقه:**

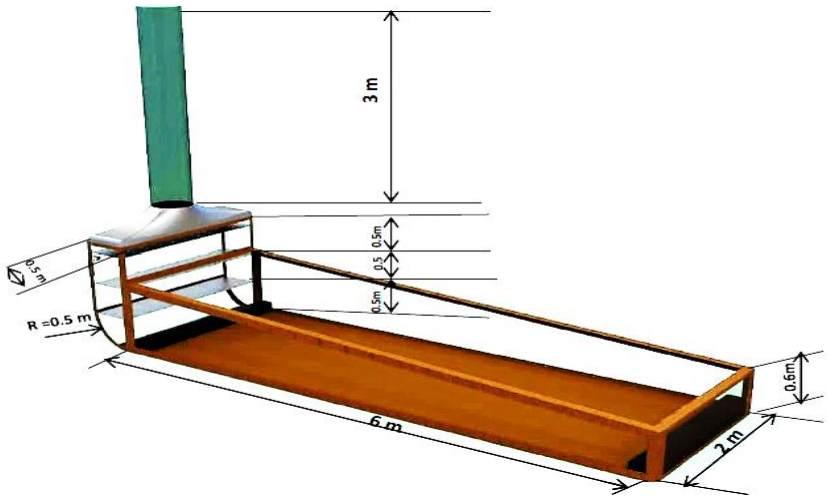
في بحثنا هذا، سنعمل على دراسة تأثير إضافة فرشة أنابيب مياه بلاستيكية في الأداء الحراري لمجفف شمسي للبصل ، وإجراء التجارب الخمس. أول تجربة أرضية المجمع فقط رمل. ثاني تجربة نسبة الأنابيب إلى أرضية المجمع 25%

والحالة الثالثة النسبة % 50 ، والحالة الرابعة النسبة 75%, والحالة الخامسة النسبة 100%.

**المواد المستخدمة :**

إطار معزول مصنوع من الحديد بطول 6 m وعرض 2 m ، رفوف بطول 2 m وعرض 0.5 m ، غطاء بلاستيكي مرن وشفاف للسماح بدخول الأشعة الشمسية ، رمل احمر أنابيب بلاستيكية p. v .c بقطر 2 inches ، ومجمعين بلاستيك بطول 2 m وقطر 4 inches ، مدخنة أسطوانية الشكل بقطر 0.15 m مصنوعة من البلاستيك الشفاف بطول 3 m.

**7-1 حالة أرضية المجمع رمل فقط** : تم تصميم المجفف الشمسي والتحقق منه تجريبياً وفق النموذج التالي بواسطة برنامج (solid) .




**الشكل (1): المجفف الشمسي المقترح مصمم على برنامج solid في حالة أرضية المجمع رمل فقط.**

في البداية تم شراء البصل الاحمر بكمية16 kg، وتقطيعه الى شرائح دائرية رقيقة بسماكة 3mm، وتم بعدها وضعه على الرفوف. بدأ التجفيف الساعة 9 صباحاً وانتهى الساعة 9 مساء. قيست درجات الحرارة والرطوبة النسبية للهواء عند مدخل المجمع و منتصف المجمع وكذلك عند الرفوف الثلاثة وعند مخرج المدخنة و سرعة الهواء كل ساعة وفق النموذج الحراري الذي وضع سابقاً حتى انتهاء زمن التجفيف للوصول الى مستوى التجفيف الآمن لشرائح البصل، وتم أخذ وزن شرائح البصل كل ساعتين . ووضع شرائح البصل بعد وزنها بواسطة بمقياس الكتروني ، حيث تم وضع 1100 g في كل رف من الرفوف

الثلاثة أي أن مقدار كتلة شرائح البصل في الرفوف الثلاثة 3300 g في كل اختبار من الاختبارات الخمسة .

**الشكل (2): المجفف الشمسي المصمم حالة ارضية المجمع رمل فقط.**

**الجدول (1): تغير فرق درجات حرارة الهواء بين مخرج ومدخل المجمع وكفاءة المجمع خلال الاختبار الاول.**

| كفاءة المجمع % | فرق الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع $c^o$ | الوقت في اليوم |
|---|---|---|
| %19 | 6.7 | 9 |
| %26 | 9.5 | 10 |
| %33 | 11.4 | 11 |
| %41 | 13.5 | 12 |
| %46 | 15 | 13 |
| %43 | 14.8 | 14 |
| %32 | 9.7 | 15 |
| %23 | 6.4 | 16 |
| %21 | 5.7 | 17 |
| - | 4.8 | 18 |
| - | 3.7 | 19 |
| - | 2.9 | 20 |
| - | 1.7 | 21 |
| %22 | 7.8 | 9 |
| %31 | 10.4 | 10 |
| %37 | 11.9 | 11 |
| %45 | 14.8 | 12 |
| %51 | 15.5 | 13 |
| %47 | 14.9 | 14 |
| %30 | 10 | 15 |
| %23 | 7.9 | 16 |
| %20 | 5.5 | 17 |

| | | |
|---|---|---|
| – | 5.2 | 18 |
| – | 4.3 | 19 |
| – | 3.7 | 20 |

متوسط معدل التجفيف هو كتلة الماء المزال على الزمن الكلي بالساعات.

$$\frac{3300-339.8}{23} = \frac{2960.2}{23} = 128.7 \text{ g/h}$$

**7 – 2حالة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية الى ارضية المجمع 25% :**

اختبار ثاني للمجفف مع و جود فرشة أنابيب مياه بلاستيكية عدد 10 أنبوب في أرضية المجفف بقطر inches 2 . أي نسبة فرشة الأنابيب الى مساحة ارض المجمع 25% وبالتالي سماكة الماء mm 10.

**الجدول(2): تغير فرق درجات حرارة الهواء بين مخرج ومدخل المجمع وكفاءة المجمع خلال الاختبار الثاني .**

| كفاءة المجمع % | فرق الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع $c^o$ | الوقت في اليوم |
|---|---|---|
| %23 | 7.2 | 9 |
| %32 | 10.5 | 10 |
| %36 | 13.2 | 11 |
| %44 | 15.1 | 12 |
| %53 | 18.4 | 13 |

| | | |
|---|---|---|
| 14 | 17 | %50 |
| 15 | 14.6 | %45 |
| 16 | 7.1 | %27 |
| 17 | 6.9 | %25 |
| 18 | 5.1 | – |
| 19 | 4.1 | – |
| 20 | 3.9 | – |
| 21 | 2.3 | – |
| 9 | 7.9 | %25 |
| 10 | 10.8 | %35 |
| 11 | 12.1 | %41 |
| 12 | 15.1 | %50 |
| 13 | 18.6 | %53 |
| 14 | 17.2 | %48 |
| 15 | 14.3 | %44 |

متوسط معدل التجفيف هو:

$$= \frac{3300-339.6}{19} = \frac{2960.4}{19} = \quad 155.81 \text{ g/h}$$

**7 – 3 حالة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية إلى أرضية المجمع 50% :**

اختبار ثالث للمجفف مع و جود فرشة أنابيب مياه بلاستيكية عدد H20 نبوب . نسبة فرشة الأنابيب إلى مساحة أرض المجمع 50% وبالتالي سماكة الماءmm 20 .

**الجدول(3): تغير فرق درجات حرارة الهواء بين مخرج ومدخل المجمع وكفاءة المجمع خلال الاختبار الثالث.**

| الوقت في اليوم | فرق الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع $c^o$ | كفاءة المجمع % |
|---|---|---|
| 9 | 8.1 | 24% |
| 10 | 11.2 | 34% |
| 11 | 14.5 | 43% |
| 12 | 16.2 | 47% |
| 13 | 20.8 | 61% |
| 14 | 19.7 | 54% |
| 15 | 16.9 | 52% |
| 16 | 10.9 | 42% |
| 17 | 8.7 | 35% |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | 6.8 | – |
| 19 | 5.4 | – |
| 20 | 4.2 | – |
| 21 | 3.2 | – |
| 9 | 8.4 | 25% |
| 10 | 11.5 | 35% |
| 11 | 14.7 | 41% |
| 12 | 16.9 | 50% |
| 13 | 20.5 | 53% |

.

متوسط معدل التجفيف هو:

$$\frac{3300-338.4}{16} = \frac{2960.4}{19} = 185.1 \ g/h$$

**7 – 4 حالة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية إلى أرضية المجمع 75% :**

اختبار رابع للمجفف مع و جود فرشة أنابيب مياه بلاستيكية عدد 30 أنبوب. أي نسبة فرشة الأنابيب إلى مساحة أرض المجمع 75% وبالتالي سماكة الماءmm 30.

**الجدول(4): تغير فرق درجات حرارة الهواء بين مخرج ومدخل المجمع وكفاءة المجمع خلال الاختبار الرابع.**

| الوقت في اليوم | فرق الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع $c^o$ | كفاءة المجمع % |
|---|---|---|
| 9 | 9.3 | 30% |
| 10 | 11.9 | 39% |
| 11 | 15.4 | 49% |
| 12 | 18.1 | 52% |
| 13 | 22.1 | 64% |
| 14 | 21 | 62% |

| | | |
|---|---|---|
| 15 | 18.9 | 58% |
| 16 | 13.1 | 54% |
| 17 | 11.3 | 50% |
| 18 | 8.4 | - |
| 19 | 6.5 | - |
| 20 | 5.8 | - |
| 21 | 4.3 | - |
| 9 | 9.8 | 28% |
| 10 | 12 | 39% |

| | | |
|---|---|---|
| 54% | 14.9 | 11 |

متوسط معدل التجفيف هو:

$$=\frac{3300-337.3}{14} = \frac{29627}{14} = 211.5 \text{ g/h}$$

**7 – 5 حالة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية إلى أرضية المجمع 100%:**

اختبار خامس للمجفف مع و جود فرشة أنابيب مياه بلاستيكية عدد 40 أنبوب.

أي نسبة فرشة الأنابيب إلى مساحة أرض المجمع 100% وبالتالي سماكة الماء 40 mm .

**الجدول(5): يوضح تغير فرق درجات حرارة الهواء بين مخرج ومدخل المجمع وكفاءة المجمع خلال الاختبار الخامس**

| كفاءة المجمع % | فرق الحرارة بين مخرج ومدخل المجمع $c^o$ | الوقت في اليوم |
|---|---|---|
| 32% | 11 | 9 |
| 40% | 13.2 | 10 |
| 55% | 17.4 | 11 |
| 69% | 22.5 | 12 |
| 72% | 24.7 | 13 |

| | | |
|---|---|---|
| 14 | 23 | 68% |
| 15 | 21 | 65% |
| 16 | 15.7 | 56% |
| 17 | 13.6 | 51% |
| 18 | 12 | – |
| 19 | 9.4 | – |
| 20 | 7.1 | – |
| 21 | 5.5 | – |

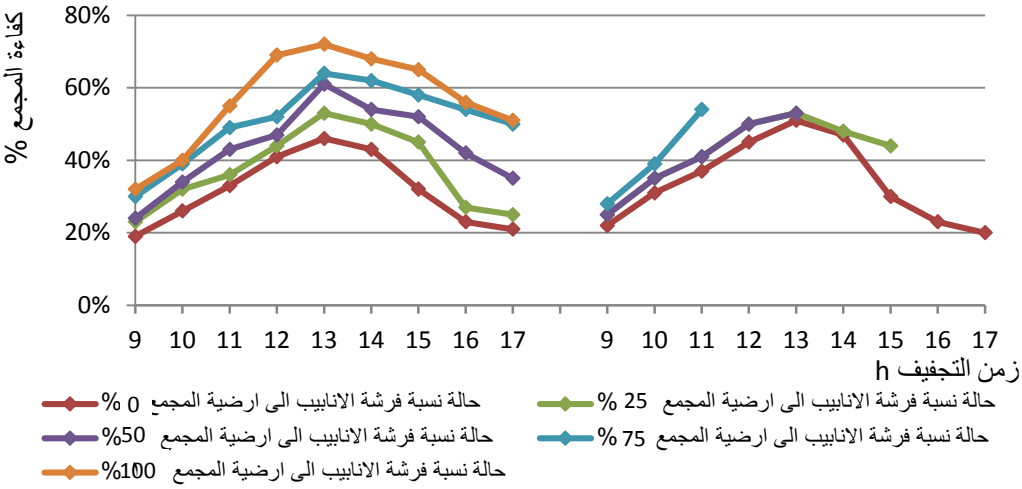
متوسط معدل التجفيف هو:

$$\frac{3300 - 341.6}{12} = \frac{2958.4}{12} = 246.5 \text{ g/h}$$

**8- النتائج والمناقشة :**

**8-1 مقارنة كفاءة المجمع :**

نلاحظ أن كفاءة المجمع ازدادت بزيادة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية في أرضية المجمع ، وكانت أفضل كفاءة للمجمع في حالة نسبة فرشة أنابيب الماء البلاستيكية إلى أرضية المجمع % 100حيث وصلت كفاءة المجمع إلى % 72 وقت الذروة . بينما في حالة أرضية المجمع رمل فقط كانت كفاءة المجمع وقت الذروة 51% .

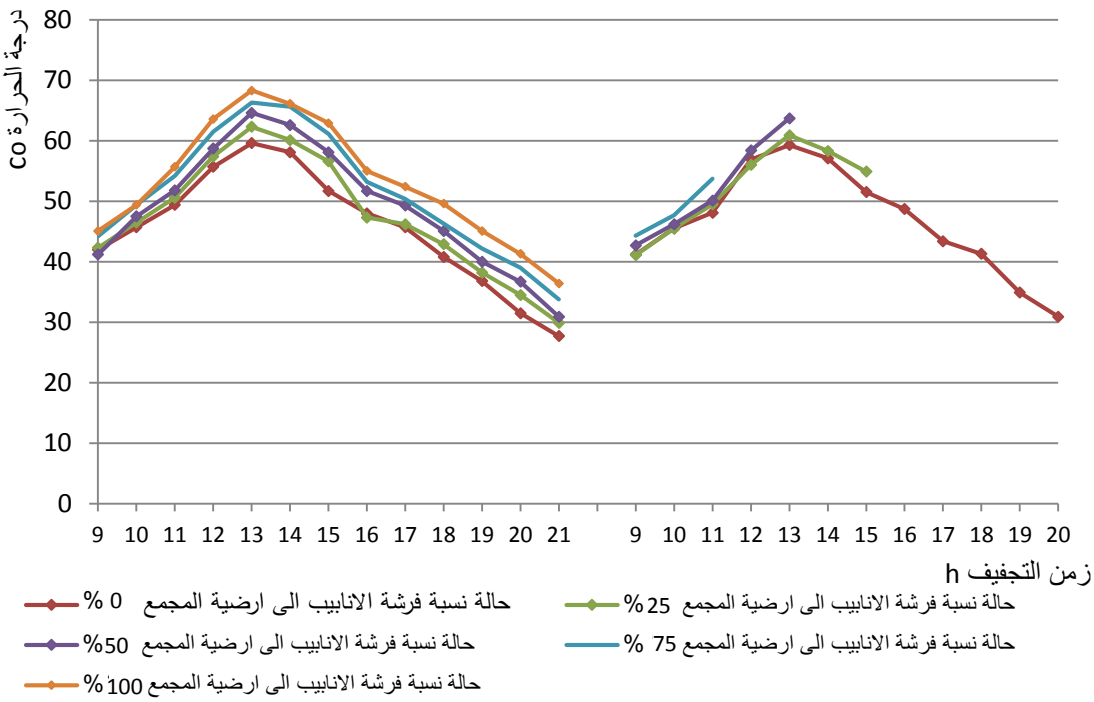



**الشكل (3): مقارنة كفاءة المجمع خلال فترة سطوع الشمس في الاختبارات الخمسة**

## 8-2 مقارنة درجة حرارة خروج الهواء من المجمع :

نلاحظ من التجارب ارتفاع درجة حرارة هواء عند مخرج المجمع من $60\ c^o$

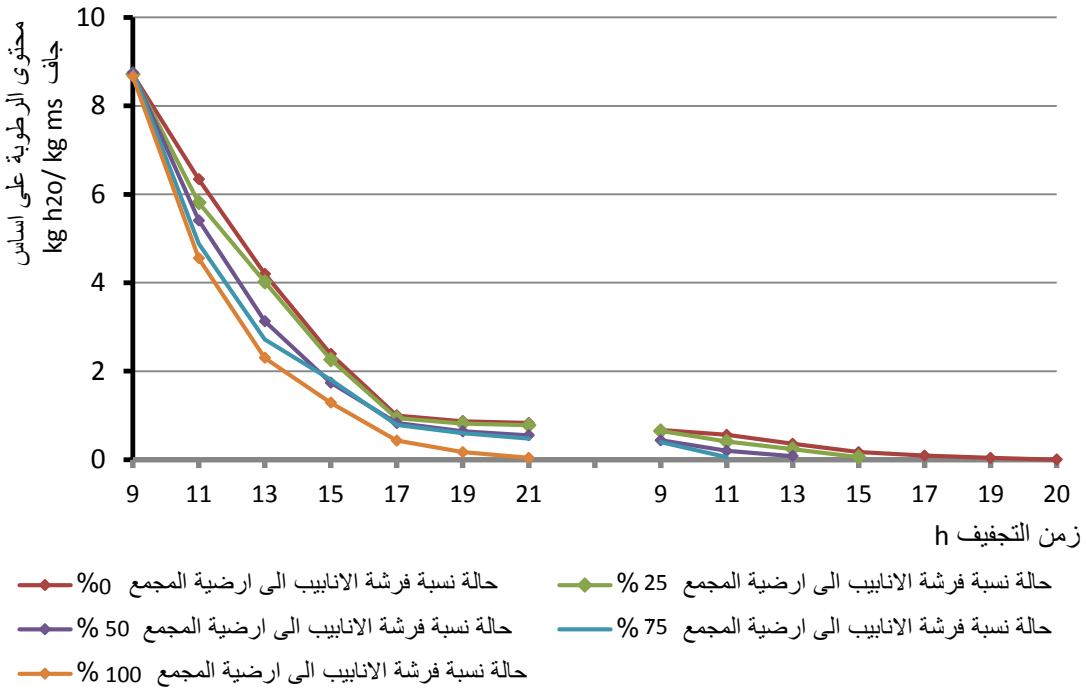
الى $68\ c^o$ في وقت الذروة.



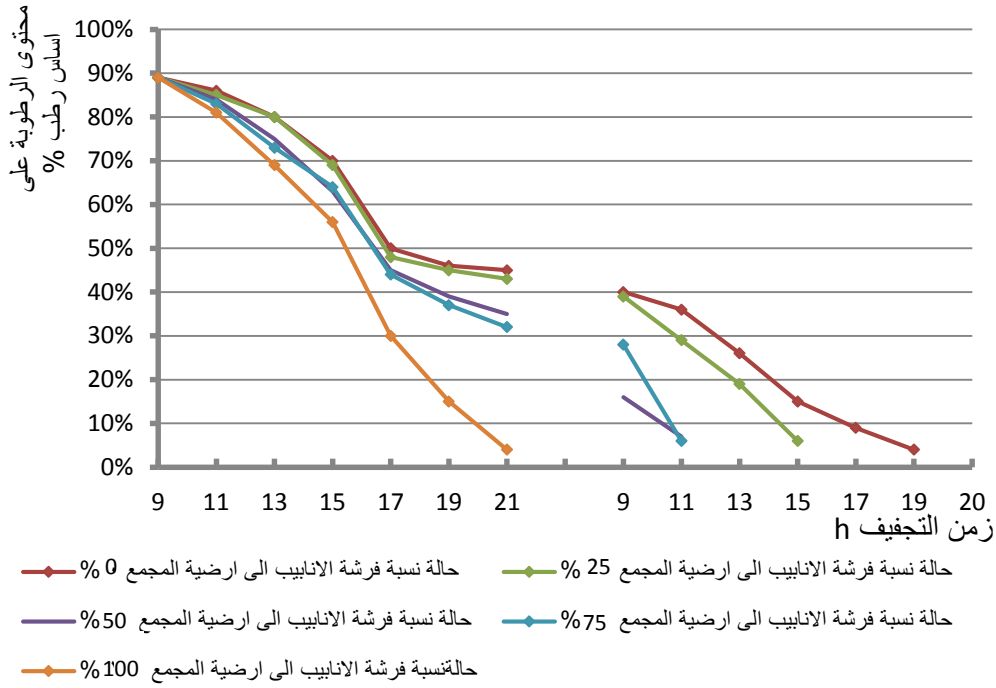

**الشكل (4): مقارنة بين درجات حرارة الهواء عند مخرج المجمع في الاختبارات الخمسة.**

### 8-3 مقارنة تغير محتوى الرطوبة لشرائح البصل :

أظهرت النتائج ان محتوى الرطوبة لشرائح البصل قد نقص بزيادة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية في أرضية المجمع من 89% الى 4% .أظهرت النتائج أيضاً أن المجفف الشمسي المختلط الذي صمّم بتكلفة قليلة قد أعطى نتائج جيدة من حيث جودة شرائح البصل المجفف , وإمكانية تخزينه لفترات طويلة مع المحافظة على جودته .




**الشكل (5): مقارنة محتوى الرطوبة على اساس جاف لشرائح البصل في الاختبارات الخمسة.**




**الشكل (6): مقارنة محتوى الرطوبة على اساس رطب لشرائح البصل في الاختبارات الخمسة.**

## 8-4 مقارنة الزمن في الاختبارات الخمسة :

أثبتت التجارب أن إضافة فرشة الأنابيب البلاستيكية قد أدّى إلى تسريع عملية التجفيف ، وتقليل زمن الوصول إلى المحتوى الأمن لتخزين شرائح البصل ، حيث تمّ تقليل الزمن من23h في حالة أرضية المجمع رمل فقط إلى 12h في حالة نسبة فرشة الأنابيب إلى أرضية المجمع 100% .

**5-8 مقارنة متوسط معدل التجفيف في الاختبارات الخمسة :** نلاحظ أن معدل التجفيف قد زاد بزيادة نسبة فرشة الأنابيب البلاستيكية، حيث تحسّن متوسط معدل التجفيف من 128.7 g/h عندما كانت أرضية المجمع رمل فقط إلى 246.5 g/hعندما أصبحت نسبة فرشة أنابيب المياه البلاستيكية إلى أرضية المجمع% 100.

**9- الاستنتاجات والتوصيات :**

انطلاقا من النتائج الجيدة التي حصلنا عليها من البحث يمكننا اقتراح عدد من النقاط التي تسهم في تحسين أداء المجفف الشمسي :

- تصميم أشكال مختلفة من المجمع الشمسي ودراسة تأثيرها على تحسين الأداء الحراري للمجفف الشمسي المقترح.

- دراسة تأثير تغير سماكة الماء في أرضية المجمع فوق 40 mm على الأداء الحراري للمجفف الشمسي .

- محاولة إجراء تجارب تطبيقية على مجفف شمسي باستخدام فرشة أنابيب من نوع أخر غير البلاستيك وليكن النحاس مثلا .

- دراسة إضافة مواد أخرى للتخزين غير الرمل تحت فرشة الأنابيب البلاستيكية وليكن الصخور او الفحم .

- محاولة إمكانية استخدام الزجاج بدل الغطاء البلاستيكي الشفاف ودراسة تأثيره على الأداء الحراري للمجفف الشمسي

**10 - المراجع :**

[1]- Pirasteh, G, Saidur. R , Rahman, S.M.A, Rahim, N.A, 2013, "A review on development of solar drying applications ", **journal homepage**,31,2014,133-148

[2]-2021. **MARKET INTELLIGANCE REPORT ONION** A world class regulator of vibrant, diversified and sustainable crop industry. PUBLISHED BY Namibian Agronomic Board.

[3]-(2021) **مديرية الاحصاء في وزارة الزراعة السورية.**

[4]-Amin Muhammad ,Hanif Muhammad ,Khan Khattak ,Khan Ihanzeb,Rahman Masood and Ud Din Subhan. 2013- Convective Drying and Mathematical Modeling of Onions Dried Using a Flat Plate Solar Air Heater, **Pakistan Journal of Nutrition**,12,11,1003-1007.

[5]- Umara A, Abera S and Dubale B,2018, Design Development and Performance Evaluation of Solar Dryer for Drying Onion used as powder in Food,
**International Journal of Sciences** ,78,1,231-243.

[6]- العابدين , ن ,2021, **استخدام مجفف شمسي معدل لتجفيف بعض المواد الغذائية ومقارنتها مع التجفيف الشمسي المباشر** – جامعة حمص

[7]-Hassan,S,Ghetany,H,2018, Experimental Investigation and Performance Evaluation of an Efficient Trapezoidal Shape Greenhouse Solar Dryer, **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**,8,12,

[8]- Abdel-Galil,H,S and Mourad,R,I,A,2009, A SOLAR DRYER PERFORMANCE OF ONION SLICES UNDER FAYOUM CLIMATIC CONDITION **,Misr Journal of Agricultural Engineering,**26,2,953-976.

[9]- Lingayat A,B, Chandramohan V.P, Raju V.R.K, Meda V,2020, A review on indirect type solar dryers for agricultural crops Dryer setup, its performance, energy storage and important highlighs, **Applied Energy**,258,2020,114005.

[10]- Baille A, Lo´pez J,C, Bonachela S, Gonza´lez-Real M,MonteroJ.I.2006, Night energy balance in a heated low-cost

plastic greenhouse, **Agricultural and Forest Meteorology** ,137,2006,107-118.