

A Practical and Theoretical Study of the Locally Manufactured Vacuum Solar Dryer for Fish Drying

2nd Conference on Environment and Sustainable Development 28-29-Oct-2015

Asaad R.S. Al-Hilphy 

Agriculture of College, Basrah University

Email: aalhilphy@yahoo.co.uk

Sabah M. H. Al-Shatty

Agriculture of College, Basrah University

Abdulridah A. Gahffr

Agriculture of College, Basrah University

Abstract

A theoretical and practical study was conducted for the vacuum solar dryer, which locally manufactured to drying of salted and unsalted carp Fish and compared with natural sun drying and vacuum electric dryer in Basrah province for the period from October 2011 to July 2012. The study included simplifying the Crank's equation to predict the theory moisture content compared with practical data. Solar radiation intensity, temperature in the atmosphere and in the solar dried were measured. The results indicated a convergence is too big between the theoretical and practical moisture content and coefficient of determination ranged between 0.8848-0.9503. The average temperature in the solar dryer 50°C in all days of the year with sunny weather while on cloudy days, the temperature in the solar dryer reached to 43°C with fluctuations in solar radiation intensity. The moisture content results of dried Fish by vacuum solar dryer and vacuum electric dryer were convergent but it is significantly better than natural sun-drying method.

Keywords: solar dryer, Fish, moisture content

دراسة عملية ونظرية للمجفف الشمسي تحت التفريغ المصنع محليا لتجفيف الأسماك

الخلاصة

اجريت دراسة نظرية وعملية للمجفف الشمسي تحت التفريغ المصنع محليا لتجفيف اسماك الكارب المملحة وبدون تملح ومقارنته بطريقة التجفيف تحت اشعة الشمس والمجفف الكهربائي المفرغ في محافظة البصرة للفترة من تشرين الاول 2011 ولغاية تموز 2012. تضمنت الدراسة النظرية تبسيط معادلة Crank للتنبؤ بالمحتوى الرطوبي النظري ومقارنته بالعملية، وقيست طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في الجو وفي المجفف الشمسي. اظهرت النتائج وجود تقارب كبير بين محتوى الرطوبة النظري والعملية وتراوح معامل التحديد بينهما 0.8848-0.9503، وصل معدل درجة الحرارة في المجفف الشمسي 50 °م في ايام السنة ذات الجو المشمس بينما في الايام الغائمة وصلت درجة الحرارة في المجفف الشمسي 43 °م مع تذبذب في طاقة الاشعاع الشمسي. وان نتائج محتوى الرطوبة للأسماك المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ متقاربة مع المجفف الكهربائي تحت التفريغ الا انها أفضل معنوياً من طريقة التجفيف الشمسي الطبيعي.

الكلمات الدالة: مجفف شمسي، اسماك، المحتوى الرطوبي

المقدمة

يُعد تجفيف الأغذية إحدى الطرائق شائعة الاستخدام في الحفظ واستخدمت في حفظ الفواكه والخضر والمحاصيل الحبوبية واللحوم والأسماك [1]. وأن عملية التجفيف هي من الطرائق التقليدية في صناعة الأسماك [2]. تعد الأسماك من المواد الغذائية المتجددة، وهي من أهم مصادر البروتين الحيواني الذي لا يمكن لجسم الإنسان ان يستغني عنه إذ يتناولها بشكل مباشرة وبحالة مصنعة أو بصورة غير مباشرة عن طريق استعمالها في تغذية الحيوانات كما تدخل في العديد من الصناعات [3]. التجفيف هو إزالة الرطوبة من المواد الغذائية باستخدام مصدر حراري، وأن تجفيف المواد الغذائية تتم عن طريق انتقال الماء من المادة إلى السطح بواسطة الخاصية الشعرية والذي يؤدي إلى زيادة تركيز المادة الغذائية، وأحيانا يحدث تبخر داخلي للمادة بفعل الحرارة ومن ثم ينتشر بخار الماء على سطح المادة الغذائية. إن تقنية التجفيف تُستعمل لتحديد الكيفية التي تتم بها إزالة بخار الماء من سطح المادة الغذائية عن طريق التجفيف باستعمال المصادر الحرارية [4]، أن بعض الباحثين قدم نماذج من معادلات أسية عديدة مختلفة لتغير الرطوبة في المادة الغذائية وهي التي فسرت ظاهرة التجفيف، وبين (Gaston et al.) [5]. إن انتشار الرطوبة في الغذاء يكون ذو فعالية عالية في حال استعمال حرارة متجانسة أو غير متجانسة وهذا تبعاً لقانون (Ficks) للانتشار بواسطة الحرارة مما يزيد محتوى الرطوبة بشكل خطي. إن التجفيف بالطاقة الشمسية هو عبارة عن تقنية الاستفادة من طاقة الإشعاع الشمسي وذلك بتحويلها إلى طاقة حرارية باستعمال مجمع شمسي (Solar Collector) [6]. أن إي منظومة حرارية شمسية يعتمد أداؤها على طاقة الإشعاع الشمسي الموجود. يتميز الإشعاع الشمسي بأنه متغير الطاقة مع تغير ساعات النهار وأن أعلى قيمة له هي عند منتصف النهار حيث يكون طول المسافة التي يقطعها الإشعاع الشمسي في الجو قصيرة [7].

أن الهدف الأساسي من ابتكار مضخة التفريغ خلال التجفيف هو إمكانية إزالة الرطوبة في درجات حرارة أقل من درجة الغليان تحت الظروف البيئية [8]، وبما إن الماء يغلي في 100م° تحت الضغط الجوي القياسي 1.013 بار، فإن الضغط المخفض أو المفرغ بمضخة التفريغ (Vacuum pump) إلى 40 ملي بار يتسبب في انخفاض درجة الغليان إلى 29 م° [9].

أن الميزة المهمة بالتجفيف بواسطة المضخة تحت التفريغ (vacuum pump) هو سحب الهواء في أثناء التجفيف، وهذه العملية أكثر جاذبية لتجفيف المواد الغذائية التي قد تتدهور أو تتحول كيميائياً بسبب الهواء أو التعرض إلى درجات الحرارة العالية وأن الضغط المنخفض بواسطة التفريغ في النظام يسمح بتخفيض درجات الحرارة المستعملة داخل جهاز التجفيف لكي تنجز رطوبة مماثلة لمحتويات الناتج النهائي مع طرائق التجفيف الأخرى، ولابد أن تكون هناك أربع مكونات رئيسة لإنجاح نظام التجفيف بواسطة استعمال تطبيقات التفريغ هي : غرفة التفريغ، مضخة التفريغ، مصدر للحرارة وإدارة مجمع بخار الماء المتكثف [8]. تهدف الدراسة الحالية إلى إجراء دراسة عملية ونظرية للمجفف الشمسي تحت التفريغ لتجفيف الأسماك ومقارنته بالتجفيف الشمسي الطبيعي والمجفف الكهربائي تحت التفريغ والمقارنة بين النتائج النظرية والعملية لمنحنيات التجفيف وتغير درجة الحرارة فيه خلال زمن التجفيف.

مواد وطرائق العمل

المجفف الشمسي تحت التفريغ: استخدم المجفف الشمسي تحت التفريغ المصنع محليا من قبل الحلفي وآخرون [10] الجزء الأول. الذي يتكون من مجمع شمسي مدمج مع غرفة التجفيف ومضخة تفريغ وخلية شمسية وكما مبين في الشكل (1 أ و ب).



الشكل رقم (1). المجفف الشمسي تحت التفريغ المصنع محليا

قياس درجة الحرارة

استخدم جهاز رقمي لقياس درجات الحرارة نوع XMTD-2301 صنع المملكة المتحدة يحتوي على ثرموكبل وضع في مركز الغرفة المخصصة للتجفيف وتم قياس درجات حرارة الجو بواسطة الترمومتر.

قياس شدة الإشعاع الشمسي

قيست طاقة الأشعة الشمسية النازلة على المجمع الحراري الشمسي الذي يميل عن الافق بزاوية 30 درجة بالبايرانوميتر (Pyranometer) صنف CM11 من صناعة شركة Kipp and Zonen Holland ، واستخدم الفولتميتر لقياس الفولتية المتولدة. المحتوى الرطوبي : حُسبت نسبة الرطوبة من المعادلة التالية : [11]

$$MR = \frac{M_t - M_s}{M_i - M_s} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp. \left[- \frac{(2n+1)D_{eff} \pi^2 t}{4L^2} \right] \quad (1)$$

عندما يصبح زمن التجفيف كبيرا تكون $n > 1$ وتؤخذ المعادلة رقم (1) بهيئة الجزء الاول من المتسلسلة. واعتمدت هذه المعادلة من قبل Uribe et al. [12^a] و Uribe et al. [13^b] للتنبؤ بنسبه الرطوبة بعد ان يتم حساب انتشار الرطوبة.

$$MR = \frac{M_t - M_s}{M_i - M_s} = \frac{8}{\pi^2} e^{\left(\frac{-D_{eff} \pi^2 t}{4L^2} \right)} = A e^{\left(\frac{-D_{eff} \pi^2 t}{4L^2} \right)} \quad (2)$$

حيث $A = \frac{8}{\pi^2}$.

بالإمكان ترتيب المعادلة 2 كما يلي:

$$\ln(MR) = \ln \left(\frac{M_t - M_s}{M_i - M_s} \right) = \ln A - \left(\frac{D_{eff} t \pi^2}{4L^2} \right) \quad (3)$$

تم حساب انتشار الرطوبة في الاسماك عن طريق رسم $\ln(MR)$ ووقت تجفيف الاسماك، وان العلاقة تكون على شكل خط مستقيم وان الميل S يحسب من المعادلة 4.

$$S = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (4)$$

- انتشار الرطوبة في الأسماك تم حسابه من خلال تعويض ناتج المعادلة 4 في المعادلة 3
- M : الرطوبة على اساس صلب (كغم ماء/كغم مادة صلبة)
- M_t : الرطوبة على اساس صلب عند زمن معين (كغم ماء/كغم مادة صلبة)
- A : قيمة ثابتة.
- M_f : الرطوبة النهائية للأسماك (%)
- D_{eff} : انتشار الرطوبة المؤثر (م²/ثا)
- t : وقت التجفيف (ثا)
- L : السمك للأسماك (م)
- يمكن حساب رطوبة الاسماك من المعادلة 5 والناتجة من اعادة ترتيب المعادلة 2

$$Mt = (Mi - Me)Ae^{\left(\frac{-Dt.\pi^2}{4L^2}\right)} + Me \quad (5)$$

M_s : الرطوبة المتوازنة (غم ماء / غم مادة صلبة)

التحليل الاحصائي: استعمل التصميم العشوائي الكامل لتحليل بيانات التجربة واستخدم اختبار اقل فرق معنوي عند مستوى معنوية 0.05 للمقارنة بين متوسطات المعاملات بواسطة برنامج SPSS [14].

النتائج والمناقشة

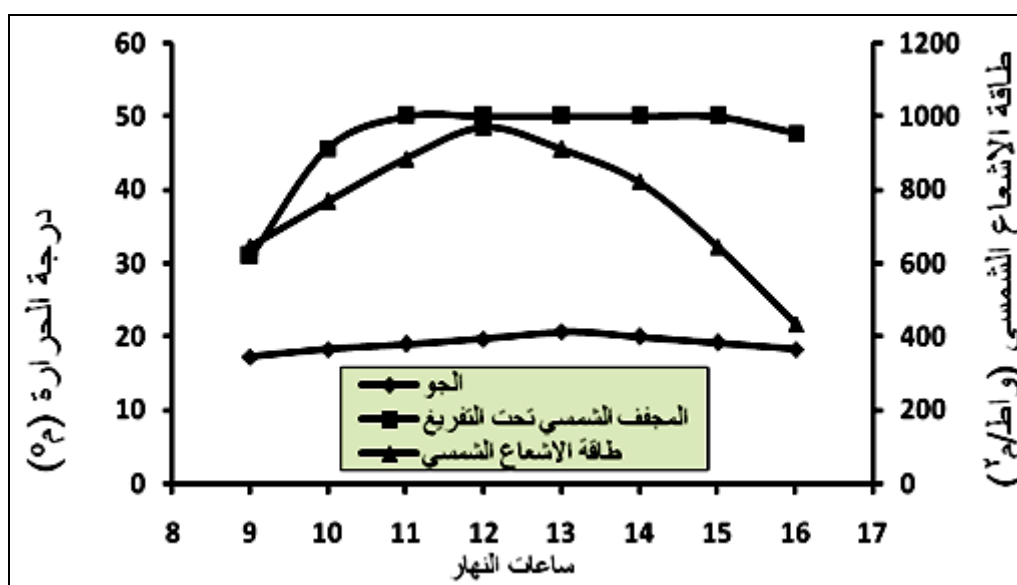
شدة الإشعاع الشمسي

توضح (الأشكال 2-11) إن طاقة الاشعة الشمسية في الأشهر (تشرين الأول 2011 الى تموز 2012)، قد حصلت فيها زيادة مع زيادة الوقت وبلغت اعلى طاقة عند الساعة 12:00 ظهرا حيث وصلت الى 972، 939، 908، 952، 1006، 1040، 1020، 911، 952، 1047 واط / م² على الترتيب ثم تناقصت بعد ذلك بشكل كبير عند الساعة 4:00 عصرا، وبلغت 346.93، 363، 435، 251، 469، 278، 421.76، 442، 557، 809 واط / م² على الترتيب، وهذا بسبب ان الارض تدور حول محورها وهذا ادى الى ان تتغير الزوايا الشمسية مع الوقت، التي تتضمن كل من الزاوية السميتية zenith angle وزاوية الارتفاع altitude angle وزاوية السميت azimuth angle ويصل مقدار زاوية السميت صفرا عند الظهر والى قيمتها القصوى عند شروق وغروب الشمس وايضا تغير زاوية الساعة hour angle مع الوقت [15 و 7]. وهذا اتفق مع Muller et al. [16] و Krauterand [17] Ochs [18] Singh et al. [19] والحلفي وآخرون [20] والحلفي وآخرون [21] والريبيعي [22] ومشعل [23] الذين بينوا أن طاقة الاشعة الشمسية تزيد مع الوقت وتبلغ قيمتها العظمى عند الظهر ثم تتناقص. أما بالنسبة للأيام الغائمة من شهر تشرين الثاني وكانون الأول. يُلاحظ من الأشكال 12 و 13 أن أعلى شدة إشعاع شمسي كانت عند الساعة الواحدة ظهراً والساعة الثانية عشرة ظهراً 510.20، 741.49 واط / م² على الترتيب ثم تناقصت حتى بلغت اقل مقدار عند الساعة 4:00 عصرا 40.81، 244.89 واط / م² على الترتيب إذ ان الغيوم كان لها تأثير واضح على شدة الإشعاع الشمسي، كما بينت النتائج أن أعلى واقل معدل شدة إشعاع شمسي كان في شهر تموز وكانون الأول حيث بلغت 1047.62، 908.16 واط / م² على التوالي. وهذا يُعود إلى اختلاف ميل الشمس باختلاف الفصول ففي أشهر الصيف يكون الطرف الشمالي لمحور دوران الأرض مائلا نحو الشمس ويكون النهار أطول من الليل في كل موضع من نصف الكرة الأرضية الشمالي وتكون أشعة الشمس أقرب إلى أن تكون عمودية على سطح الأرض، كما أشار Lunde [7] إلى أن شدة الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوي متغيرة مع فصول السنة نتيجة تغير المسافة بين الشمس والأرض.

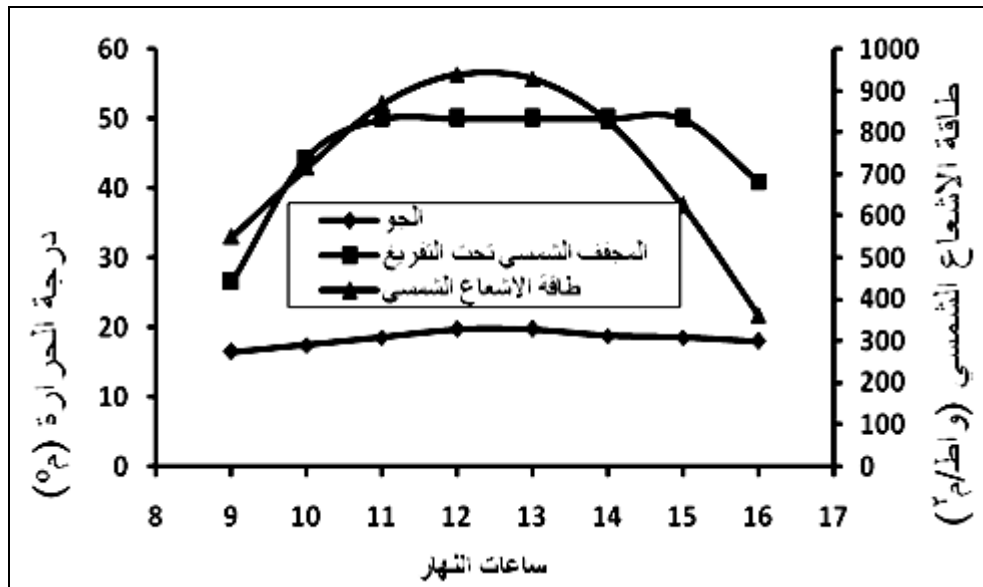
درجة حرارة غرفة التجفيف المفرغة

يبين الشكلين 2 و 3 أن درجات الحرارة في غرفة تجفيف الاسماك عند الساعة 9:00 صباحا كانت 31 م° و 26.5 م° خلال درجات حرارة المحيط 17.33 م° و 16.5 م° في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني على التوالي ثم ارتفعت مع زيادة الوقت ورافقته زيادة في درجات حرارة المحيط

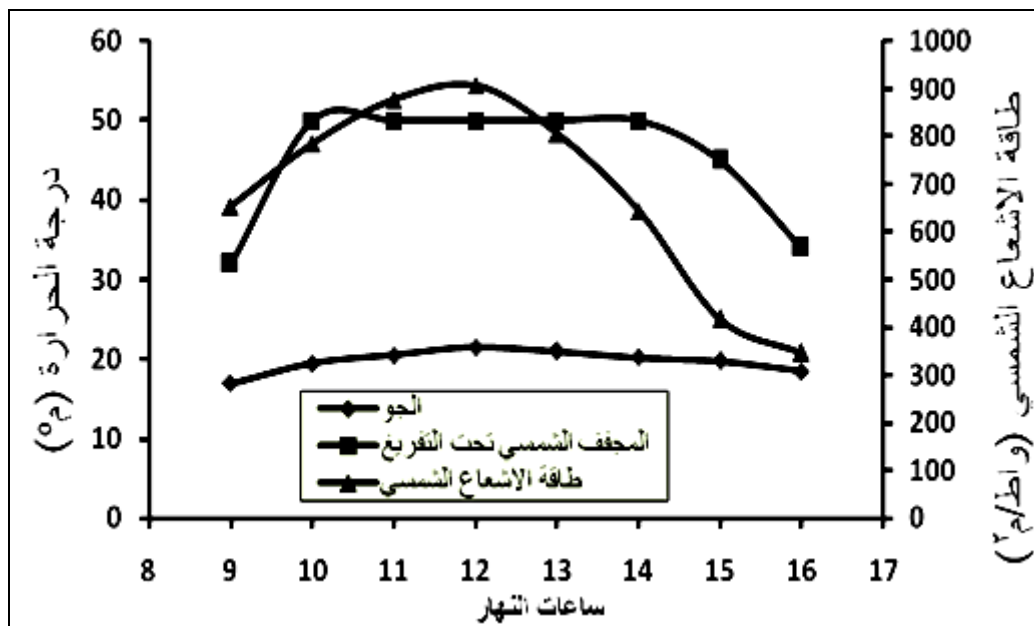
الى ان بلغت 50 م° في غرفة التجفيف عند الساعة 11:00 صباحا وبقيت درجة حرارة غرفة تجفيف الاسماك على 50 م° بسبب تظليل 50% من المساحة الكلية للغطاء الزجاجي في فصل الشتاء، كما تم تظليلها بمقدار 65% في فصل الصيف لغرض الإبقاء على هذه الدرجة الحرارية المستعملة في التجفيف ثم انخفضت عند الساعة الرابعة عصراً إلى 47.67 م°، 41 م°، أما الأشكال من 6 إلى 9 و 12 و 13 فقد بينت أن درجة حرارة غرفة التجفيف أخذت بالارتفاع مع تقادم ساعات النهار حتى وصلت إلى 50 م° عند الساعة العاشرة صباحاً في الأشهر (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار وحزيران وتموز) بينما الشكل 10 فقد بين إن درجة الحرارة وصلت إلى 50 م° خلال التاسعة صباحاً وبقيت على تلك الدرجة حتى الساعة الرابعة عصراً التي عندها انخفضت درجة الحرارة، وأظهرت النتائج في الشكل 11 لشهر آيار إن درجة حرارة غرفة التجفيف بلغت 50 ± 1.5 م° عند الساعة التاسعة، وهذا بسبب تغير طاقة الاشعة الشمسية مع تقدم الوقت والذي اثر بصورة مباشرة على درجة حرارة المحيط وكذلك حيز التجفيف، لان زيادة طاقة الاشعة الشمسية لها تأثير مباشر على الطاقة المنتزعة بواسطة المجمع الشمسي، وتنتقل الحرارة بالحمل (convection) والإشعاع (radiation) الى حيز التجفيف.



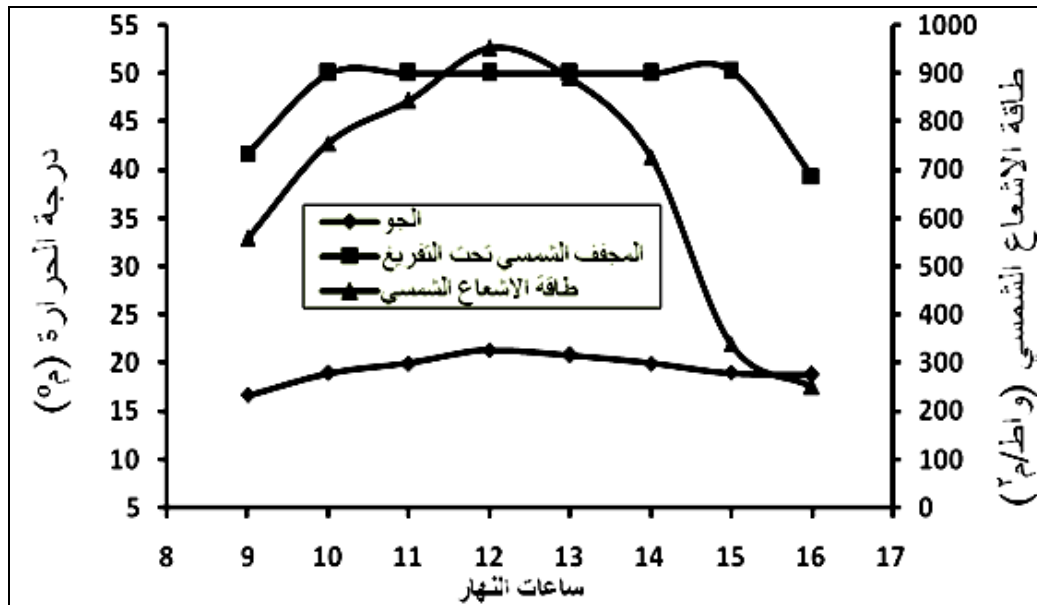
شكل (2). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر تشرين الاول 2011 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاء



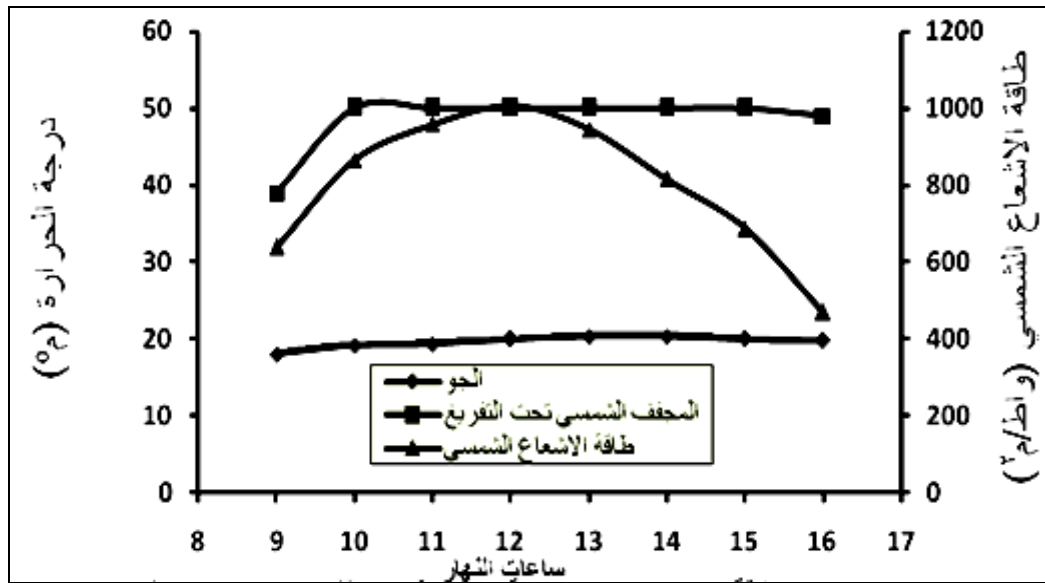
شكل(3). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر تشرين الثاني 2011 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



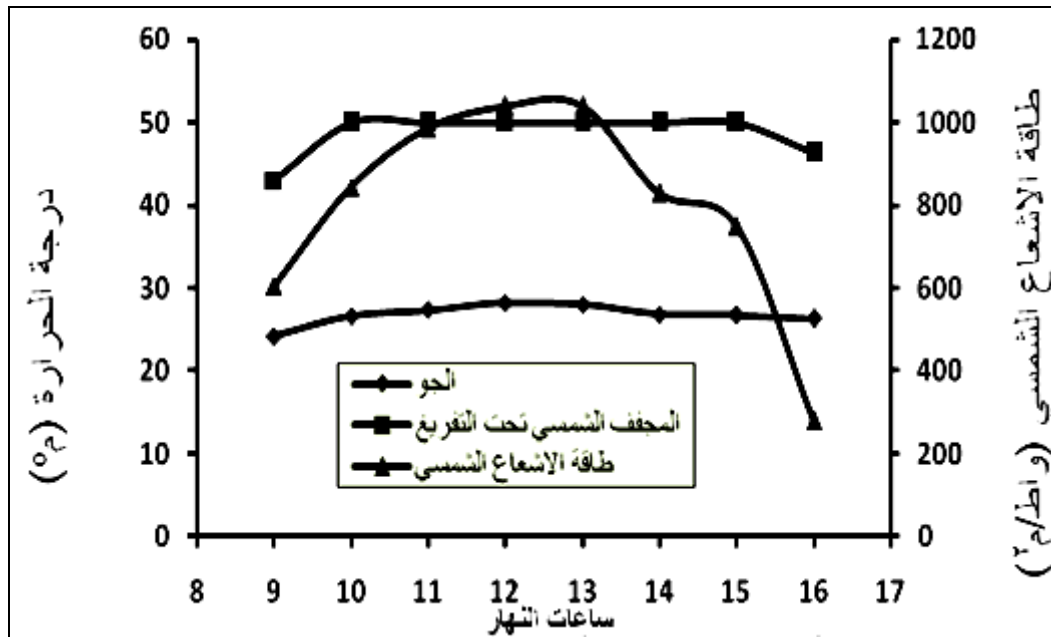
شكل(4). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر كانون الاول 2011 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



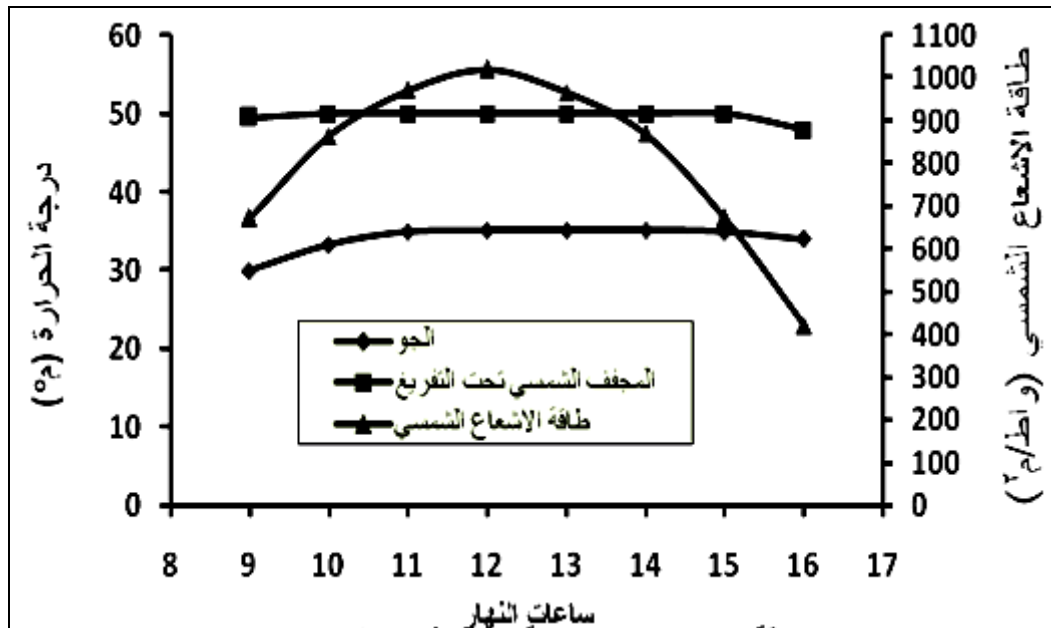
شكل (5). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر كانون الثاني 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



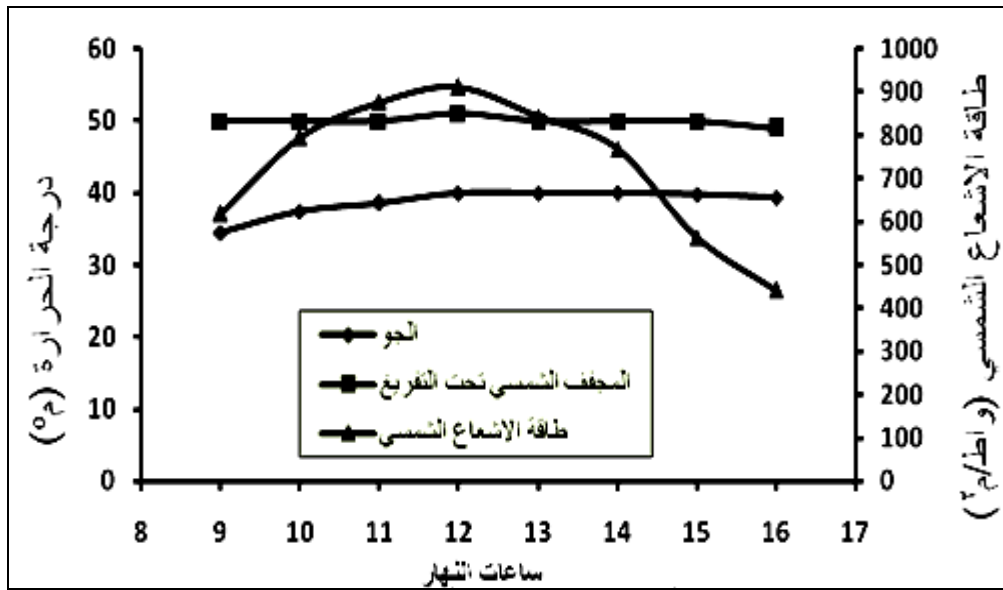
شكل (6). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر شباط 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



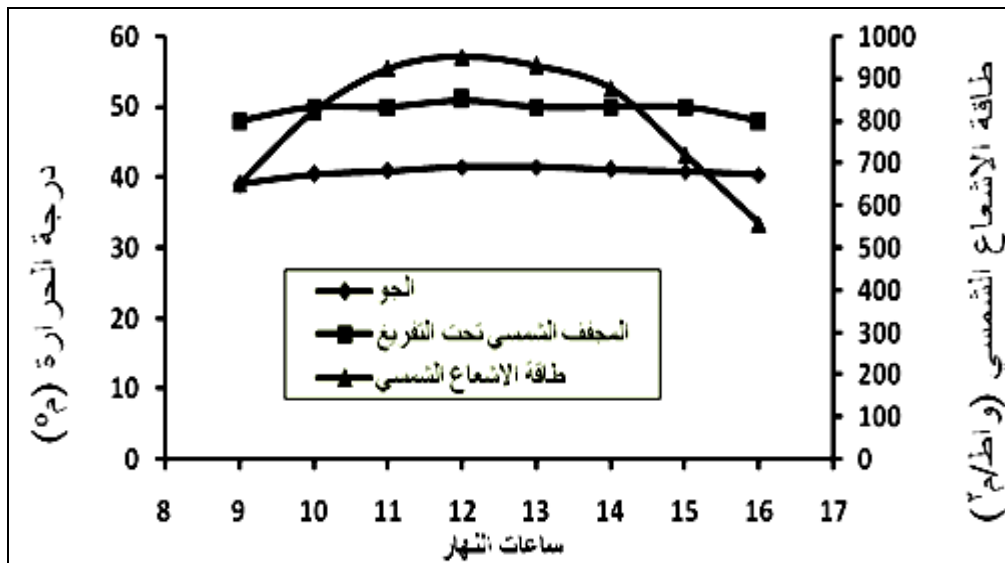
شكل (7). معدل طاقة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر اذار 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



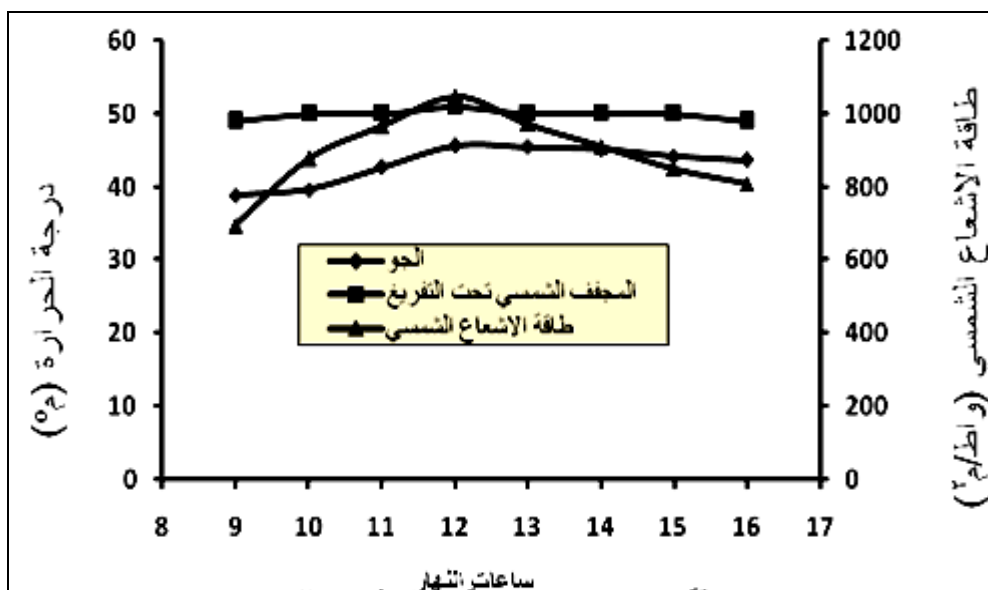
شكل (8). معدل طاقة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر نيسان 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



شكل (9). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر ايار 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



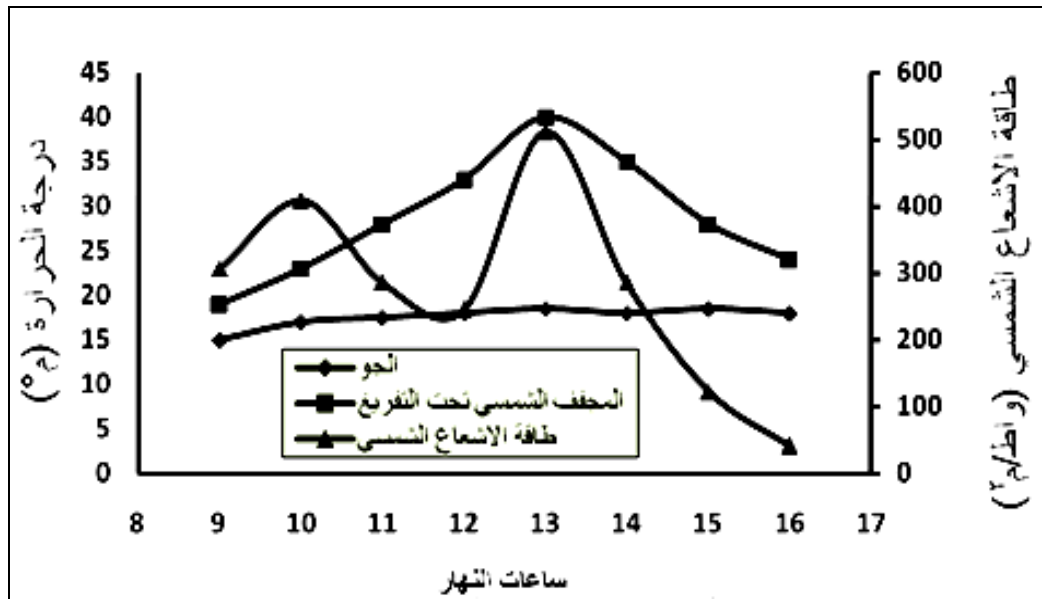
شكل (10) معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر حزيران 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً



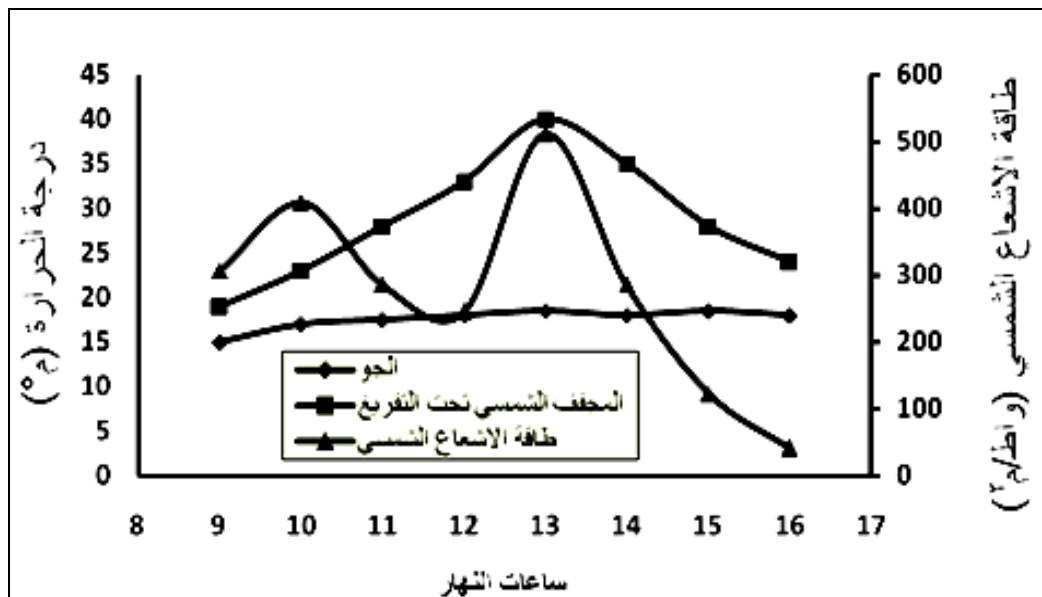
شكل (11). معدل طاقة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر تموز 2012 لأيام مشمسة بنسبة تغطية 65% صيفا و50% شتاءً

أداء المجفف الشمسي في يوم غائم

يلاحظ من الشكلين 12 و 13 ان درجة الحرارة في غرفة التجفيف في يومين غائمين من شهر تشرين الثاني وكانون الأول ارتفعت مع تقدم الوقت وبلغت اعلى قيمة لها في الساعة الواحدة ظهرا إذ بلغت 40 م°، 44 م° عندما كانت درجة حرارة الجو 18 م°، 22 م° على التوالي ثم انخفضت عند الساعة الرابعة عصرا وبلغت 24 م°، 30 م° على التوالي، إن هذه الدرجات الحرارية في غرفة التجفيف تكون غير ملائمة للمجفف الشمسي من أن يقوم بعملية تجفيف الأسماك بسبب الجو الغائم وعدم توفر طاقة الإشعاع الشمسي بشكل جيد، إذ أن هذه الدرجات الحرارية يمكن أن تنمو فيها بعض الأحياء المجهرية أي أنها لا تكون كافية للقضاء على الميكروبات لكن ممكن ان تُستعمل لتجفيف بعض الفواكه والخضر تحت التفريغ عند تلك الدرجات الحرارية .



شكل (12). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر تشرين الثاني 2011 ليوم غانم

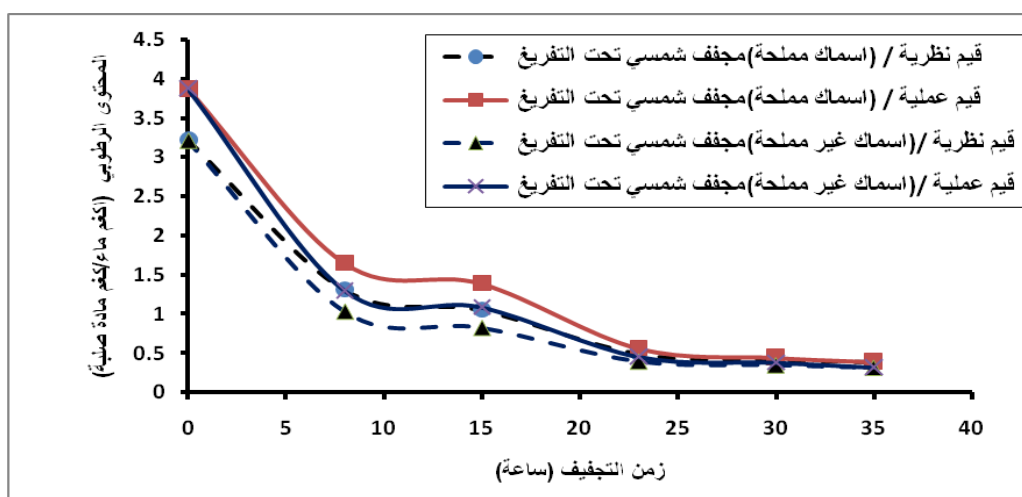


شكل (13). معدل طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في المجفف الشمسي المفرغ وفي الجو خلال ساعات النهار في شهر كانون الاول 2011 ليوم غانم

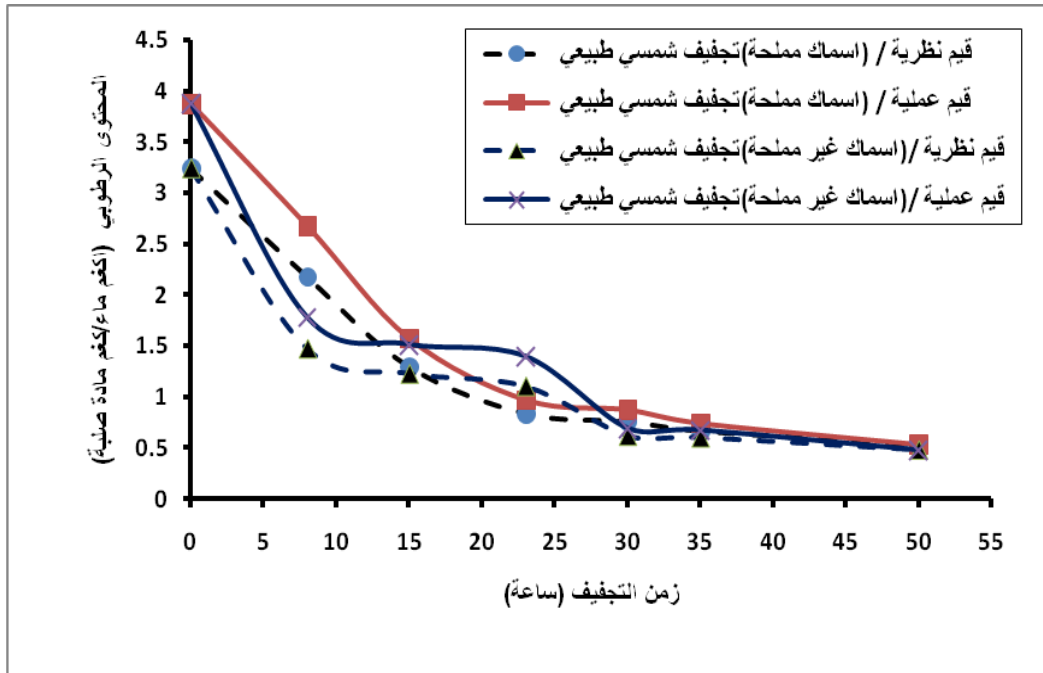
محتوى الرطوبة

يُلاحظ من الاشكال 14 و 15 و 16 التي تبين تغير رطوبة الاسماك خلال تقادم زمن التجفيف للأسماك التي تم تجفيفها بالمجفف المفرغ الذي يعمل بالطاقة الشمسية والمجفف الكهربائي المفرغ وطريقة التجفيف تحت اشعة الشمس المباشرة النظرية والعملية، أن المحتوى الرطوبي للأسماك تناقص بصورة معنوية ($p < 0.05$) مع تقدم وقت تجفيف الاسماك بطرائق التجفيف جميعها، وهذا بسبب تبخر

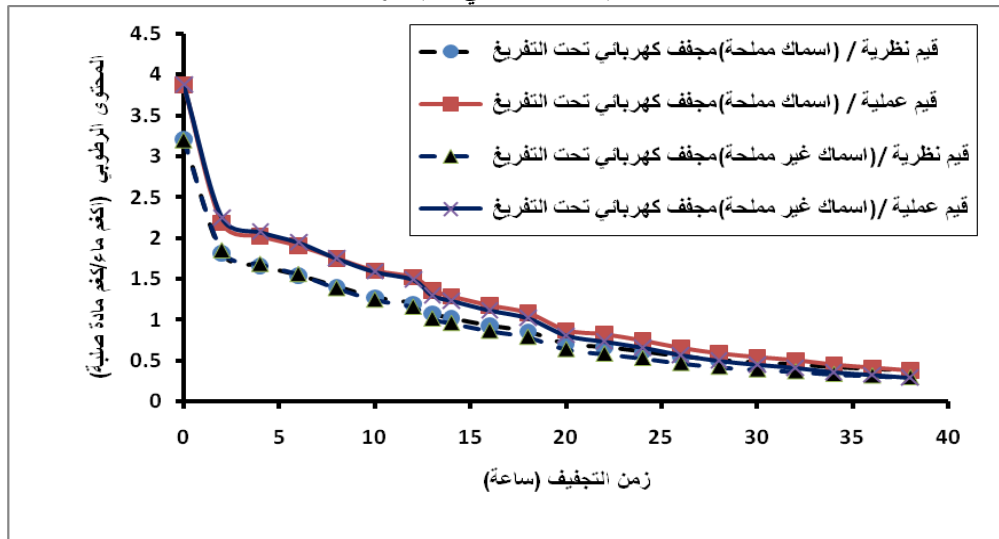
الرطوبة من الأسماك نتيجة ارتفاع درجة حرارتها إلى 50 مؤوي زيادة وقت التجفيف بسبب زيادة طاقة الاشعة الشمسية عند تقدم الوقت والذي بدوره أدى إلى تفاقم الطاقة الممتصة و المنتزعة التي اثرت بصورة ايجابية على الزيادة في الطاقة الحرارية في حيز التجفيف كما ان التخلخل بالضغط في حيز التجفيف المفرغ (المجفف الشمسي المفرغ) وكذلك الكهربائي يزيد تبخر الرطوبة بسبب انخفاض الضغط، وهذا اتفق مع الحلقي [19] و Sengar *et al.* [24] و Nketsia-TabiriandSefa-Dedeh [25] الذين بينوا بان رطوبة الأسماك تنخفض مع زيادة مدة التجفيف سواء كان بالطاقة الشمسية او تحت الشمس مباشرة. وكان النقصان اثناء استخدام المجفف الشمسي المفرغ اعلى من المجفف الكهربائي المفرغ ثم التجفيف تحت اشعة الشمس مباشرة، وهذا يتفق مع Mujaffar and Sankat [26] اللذين وجدا ان رطوبة اسماك القرش المملحة المجففة بالمجفف الكهربائي قد انخفضت مع زيادة زمن التجفيف وكان مقدار التناقص في الأسماك بدون تمليح أعلى منه في الأسماك التي تم تمليحها، وكانت رطوبة الأسماك غير المملحة اقل بمقدار قليل من الأسماك التي تم تمليحها وللطرائق جميعها. يُلاحظ من الأشكال 14 و 15 و 16 العلاقة بين الرطوبة على أساس صلب نظريا وعمليا في الأسماك المملحة وغير المملحة خلال زمن التجفيف، ويظهر من النتائج ان هناك تقارباً كبيراً بين القيم النظرية المحسوبة من المعادلة (5) والقيم العملية المقاسة، وتراوح معامل التحديد R^2 من -0.8848 إلى 0.9503 وكما هو موضح في الأشكال 17 و 18 و 19 وهو مؤشر جيد على انه يمكن الاعتماد على تلك المعادلة في التنبؤ بقيم الرطوبة عند أي زمن تجفيف مطلوب.



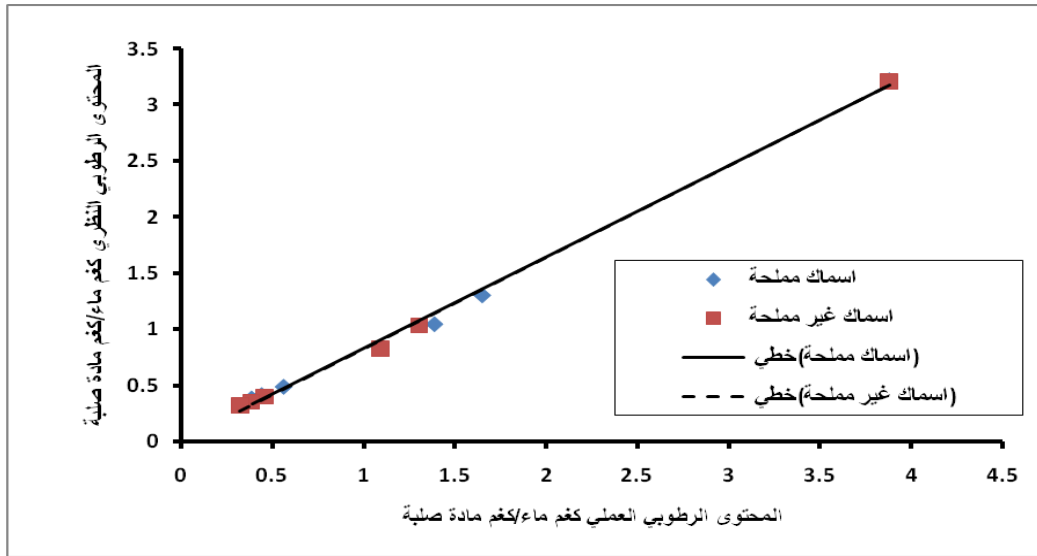
شكل (14). منحنى التجفيف النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بالمجفف الشمسي المفرغ



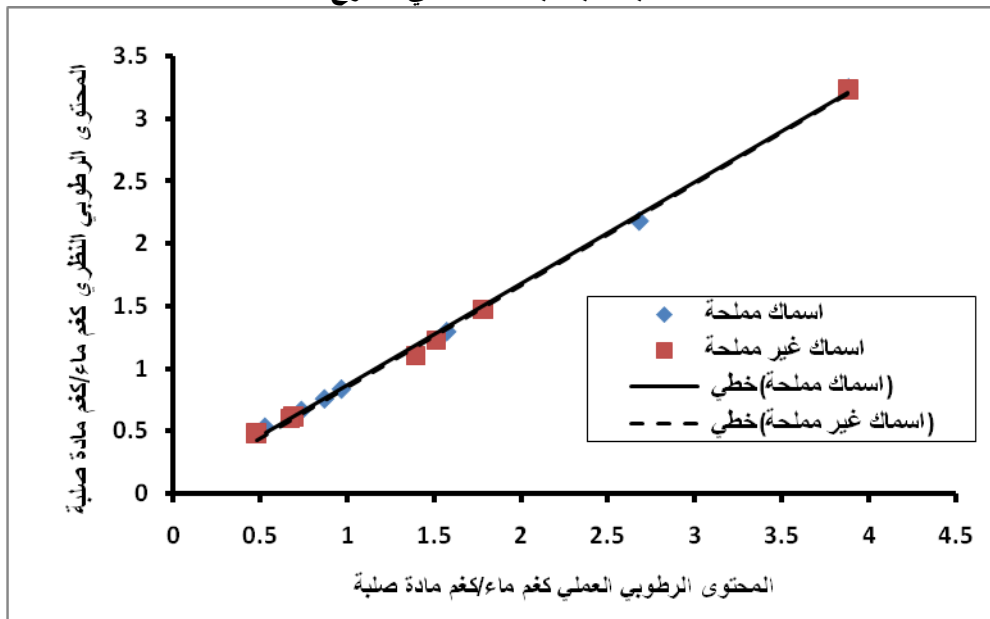
شكل 15: منحني التجفيف النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بطريقة التجفيف الشمسي المباشر



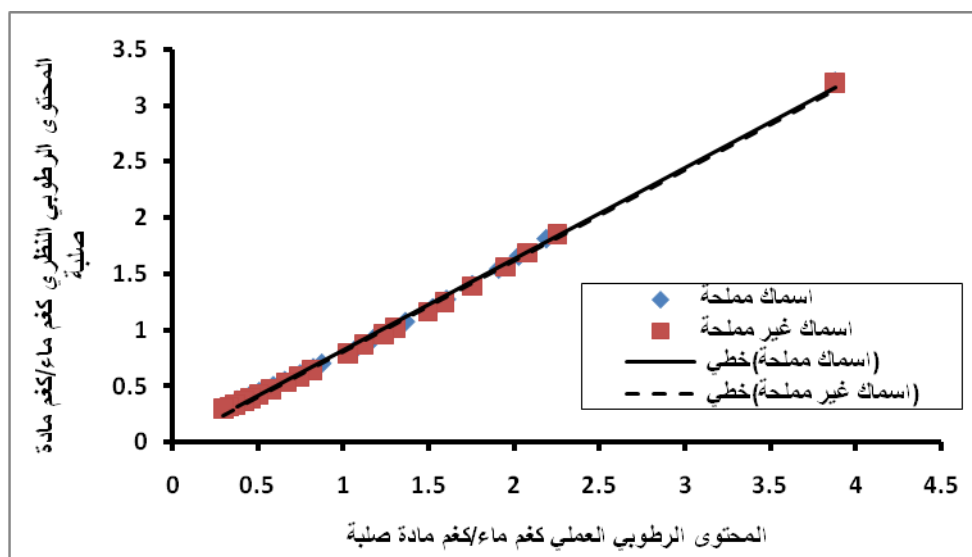
شكل (16). منحني التجفيف النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بالمجفف الكهربائي المفرغ



شكل (17). العلاقة بين المحتوى الرطوبي النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بالمجفف الشمسي المفرغ



شكل (18). العلاقة بين المحتوى الرطوبي النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بطريقة التجفيف الشمسي المباشر



شكل (19). العلاقة بين المحتوى الرطوبي النظري والعملي للأسماك التي تم تمليحها وبدون تمليح المجففة بالمجفف الكهربائي المفرغ

الاستنتاجات

استنتج من هذه الدراسة انه يمكن الاستفادة من طاقة الاشعاع الشمسي المتوفر في مدينة البصرة في عملية تجفيف الاسماك. يمكن التحكم بدرجة الحرارة داخل المجفف عن طريق تغطية المجمع الشمسي بنسبة 65% صيفا و50% شتاء للوصول الى درجة حرارة بحدود 50 مئوي. يمكن تشغيل المجفف الشمسي ايضا في الايام ذات السماء الغائمة. وبينت النتائج انه هناك تقارب كبير جدا بين المحتوى الرطوبي النظري والعملي وبمعامل تحديد عالي جدا.

المصادر

- [1] حلابو، سعد أحمد سعد و بديع، عادل زكي محمد و بخيت، محمود علي احمد، "تكنولوجيا الصناعات الغذائية، أسس حفظ وتصنيع الأغذية"، المكتبة الأكاديمية، 1995.
- [2] Virulhakul, P. "Processing Traditional Fishery Products Quality and Safety Considerations", INFOFISHINT, 5, 50-56, 1995.
- [3] الدهام، نجم قمر. "اسماك الخليج العربي، الأصل، التصنيف، المخزون السمكي وكمية الصيد المتاحة في الخليج العربي"، دراسات علمية مختارة، دار الكتب للطباعة والنشر، مركز علوم البحار، جامعة البصرة، 1986.
- [4] Hansen, R.C., Keener, H.M. and Sohly, H.N. "Thin Layer Drying of Cultivated Orange", Trans. ASAE. 36(5), 1387-1391, 1993.
- [5] Gaston, A.L., Ablone, R.M., Giner S.A and Bruce, D.M. "Effect of Modeling Assumptions on the Effective Water Diffusivity in Wheat", Biosystems Engineering, 88(20), 175-185, 2004.
- [6] Vlachos, N.A., Karapantsios, T.D., Balauktis, A.I. and Chassapis, D. "Drying Technology", Journal Drying Technology, 20(5), 1239-1267.
- [7] Lunde, P. J. "Solar Thermal Engineering", John Wiley and Sons, New York, 1980.
- [8] Rajkumar, P. "Comparative Performance of Solar Cabinet, Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying Methods", M.Sc. Thesis, Department of Bio-Resource Engineering. McGill University, Montreal, Canada. 2007.
- [9] Moran, M.J., Shapiro, H.N. and Howard, N. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", New York, John Wiley and Sons, 1996.

- [10] الحلفي، اسعد رحمن سعيد و الشطي، صباح مالك حبيب و جعفر، عبد الرضا عاتي، "تصميم وتصنيع مجفف للأسماك بالطاقة الشمسية تحت التفريغ ودراسة كفاءته". مجلة أبحاث البصرة (العلميات)، الجزء الاول 39 (1)، 40-59، 2013.
- [11] Crank, J. (1975). "The Mathematics of Diffusion", Oxford University, Press, London, 1975.
- [12] Uribe, E., Antonio, V.G., Karina, D.S., Romina, O., Jorge, S.T., and Margarita, M. "Characteristics of Convection Drying of Pepion Fruit (*Solanum Muricatum* Ait.): Application of Weibull Distribution", Food and Bioprocess Technology, 4(8), 1349-1356, 2011a.
- [13] Uribe, E., Margarita, M., Antonio, V.G., Issis, Q., Rodrigo, C. and Karina, D.S. "Mass Transfer Modeling During Osmotic Dehydration of Jumbo Squid (*Dosidicus Gigas*): Influence of Temperature on Diffusion Coefficients and Kinetics Parameters", Food and Bioprocess Technology, 4(2), 320- 326, 2011b.
- [14] SPSS, "SPSS Statistical Package for Window", Ver. 17. O. Chicago: SPSS, Inc., 2009.
- [15] Duffie, J.A. and Beckman, W.A. "Solar Engineering of Thermal Processes", Willey-Interscience, New York. 1980.
- [16] Müller, J., Risinger, G., Kisgeci, J., Kotta, E., Tesic, M. and Mühlbauer, W. "Development of a Greenhouse Type Solar Dryer for Medicinal Plants and Herbs", Journal of Solar and Wind Techonology, 6(5), 523-530, 1989.
- [17] Krauter, S. and Ochs, F. "An All in One Solar Home System", RIO 02-world climate and energy events Rio de Janeiro 21945-970 RJ, Brazil. 101-107, 2002.
- [18] Singh, S., Singh, P.P. and Dhaliwal, S.S. "Multi-Shelf Portable Solar Dryer", Renewable Energy, 29(5), 753-765, 2004.
- [19] الحلفي، أسعد رحمان سعيد، "تصميم وتصنيع واختبار مجفف شمسي شبه مختلط لتجفيف التمر". مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر، 6 (1)، 101-114، 2007.
- [20] الحلفي، أسعد رحمان سعيد و مجيد، غياث حميد و يعقوب، قاسم يوسف، "تصميم وتصنيع واختبار مجفف شمسي للأغذية". مجلة البصرة للعلوم الزراعية 21 (خاص). 254-266، 2008.
- [21] الحلفي، أسعد رحمان سعيد و منصور، غادة عبد الله و عيسى، هاله يحيى و جراد، بشرى بدر، "دراسة تأثير المجفف الشمسي المصنع محلياً في الخواص الحرارية للأغذية المجففة". مجلة أبحاث البصرة (العلميات)، 35 (6)، 82-91، 2009.
- [22] الربيعي، حسن هادي مهدي، "تصميم وتصنيع جهاز لبيطرة الحليب بالطاقة الشمسية ودراسة كفاءته". رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة البصرة، 2010.
- [23] مشعل، عباس عبدالحسين، "تصنيع منظومة تبريد تبخيري امتزاجي لتبريد مساكن الدواجن مزودة بمزيل رطوبة شمسي وتأثيرها على الأداء الإنتاجي لفروج اللحم". رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة البصرة، 2010.
- [24] Sengar, S. H., Khandetod, Y. P. and Mohod, A. G. "Low Cost Solar Dryer for Fish", African Journal of Environmental Science and Technology, 3(9), 265-271, 2009.
- [25] Nketsia-Tabiri, J. and Sefa-Dedeh, S. "Effects of Salting and Drying Conditions on the Quality of Salted Dried Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Fish", Journal of Applied Science and Technology, 5(1), 156-161, 2000.
- [26] Mujaffar, S. and Sankat, C.K. "The Air Drying Behavior of Shark Fillets", Canadian Biosystems Engineering, 47(3), 11-21, 2005.