



تصميم وتصنيع مجفف للأسماك بالطاقة الشمسية تحت التفريغ ودراسة كفاءته الجزء الأول

اسعد رحمان سعيد الحلفي صباح مالك حبيب الشطي عبدالرضا عاتي جعفر

قسم علوم الأغذية -كلية الزراعة -جامعة البصرة -البصرة -العراق

الاستلام 18-11-2012، القبول 23-1-2013

الخلاصة

تم تصميم مجفف شمسي للأسماك وتصنيعه واختباره تحت التفريغ ويتكون من غرفة تجفيف اسطوانية الشكل سوداء اللون مزودة بحوامل لتعليق الأسماك بداخلها ووضعت في صندوق خشبي مزود بمادة عازلة ووضع زجاج على سطحه العلوي . كما زودت غرفة التجفيف بمضخة تفريغ ومقياس لدرجة الحرارة ويزودان بالطاقة الكهربائية عن طريق خلية شمسية . تم قياس شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء وحساب المحتوى الرطوبي العملي والنظري والانتشار الرطوبي وثابت التجفيف ومعدله. أجريت الدراسة في شهر شباط 2012 في كلية الزراعة ، جامعة البصرة إذ تم تجفيف اسماك الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio* بعد ان جلبت طازجة من السوق المحلية وقد تم تمليح قسم منها بنسبة 2% وترك القسم الآخر من دون ملح. أظهرت النتائج ان شدة الإشعاع الشمسي ازدادت مع تقادم زيادة ساعات النهار ووصلت إلى أقصى قيمة لها عند منتصف النهار ثم انخفضت وبلغ المعدل العام لشدة الإشعاع الشمسي 765.8 واط/م² وتراوح معدل درجة الحرارة في المجفف الشمسي تحت التفريغ بين 48 ± 1.5 - 50 ± 1.2 م° خلال مدة الحمل الأقصى من الساعة العاشرة إلى الثانية بعد الظهر ، وذلك بتغطية الزجاج بنسبة 65% صيفاً و 40% شتاءً. انخفض المحتوى الرطوبي للأسماك المملحة وغير المملحة مع زيادة زمن التجفيف وكانت النتائج النظرية متقاربة مع العملية لطرائق التجفيف جميعها.

انخفض معدل التجفيف معنوياً مع انخفاض المحتوى الرطوبي لطرائق التجفيف جميعها في الأسماك المملحة وغير المملحة. وبلغ أعلى معدل انتشار رطوبي في الأسماك المملحة وغير المملحة المجففة في المجفف الشمسي تحت التفريغ ثم يليه المجفف الكهربائي تحت التفريغ. ولم تظهر اختلافات معنوية بين الأسماك المملحة وغير المملحة. ان ثابت التجفيف في المجفف الشمسي تحت التفريغ كان اعلى من المجفف الكهربائي تحت التفريغ ثم التجفيف الشمسي الطبيعي. وانخفضت كفاءة التجفيف اليومية المعدلة معنوياً مع زمن التجفيف. وكانت أعلى كفاءة عند استخدام المجفف الشمسي تحت التفريغ في تجفيف الأسماك المملحة. وانطبق نموذج Lewis على نتائج نسبة رطوبة الاسماك المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ في حين كان في الاسماك المجففة بالمجفف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي منطبق عليها نموذجاً Modified Page و Midilli.

كلمات مفتاحيه : مجفف شمسي تحت التفريغ ، سمك ، تجفيف شمسي طبيعي.

1. المقدمة

سطوح وتركها معرضة للشمس والرياح حتى تجف . هناك طرائق عديدة للتجفيف بالطاقة الشمسية تعمل عند الضغط الجوي أو أعلى منه مثل المجففات الشمسية القسرية وذات الحمل الطبيعي والمختلطة والمباشرة وغير المباشرة ، وهناك دراسة مختبرية لتجفيف الطماطم شمسياً تحت التفريغ بنموذج لمجفف صغير مستعاضاً بالمصباح الكهربائي عن الشمس [9].

تتعرض المواد الغذائية المجففة بالشمس إلى تغيرات الظروف الجوية المختلفة والتلوث بالأحياء المجهرية والحشرات والغبار مما قد يؤدي إلى خفض قيمتها الغذائية وتدهور نوعيتها ، هذا وتحتاج عملية التجفيف الشمسي إلى مساحة كبيرة وزمن طويل نسبياً مما أدى هذا الأمر إلى عدم اعتماد طريقة التجفيف الشمسي على نطاق واسع [10،11] ، فضلاً عن الأمطار التي قد تفشل عملية التجفيف الشمسي الطبيعي إذ تحدث في الأقطار ذات الرطوبة النسبية العالية كذلك في المساء عند مغيب الشمس مما يسبب إعادة ترطيبها [12] . كذلك فإن معدل التجفيف البطيء يزيد من مخاطر التلف نتيجة لوجود البكتريا ، وبصورة عامة يجب أن تكون ظروف التجفيف لأنواع مختلفة من الأسماك المملحة مثالية لتعطي منتجاً ذا نوعية عالية خلال زمن قصير ومن هذه الظروف أن يكون الهواء عند درجة حرارة 27 م° ورطوبة نسبية تتراوح من 45-55% وسرعة الهواء تتراوح من 1-2 م/ثا [13] .

تهدف الدراسة الحالية إلى استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف اسماك الكارب تحت التفريغ ومقارنتها بالتجفيف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي . ودراسة حركية التجفيف وتحديد أفضل نموذج رياضي يمكن من التنبؤ بنسبة الرطوبة .

يعد تجفيف الأغذية أحد الطرائق شائعة الاستعمال في حفظ الأغذية وقد استعملت في حفظ بعض أنواع الفواكه والخضر والمحاصيل الحبوبية واللحوم والأسماك [1]. وأن عملية التجفيف هي من الطرائق التقليدية في تصنيع الأسماك [2]. إذ إن الأسماك من الموارد الغذائية المتجددة ، وهي من أهم مصادر البروتين الحيواني الذي لا يستطيع جسم الإنسان الاستغناء عنه إذ يتناولها بصورة مباشرة أما بحالة طازجة أو مصنعة أو بصورة غير مباشرة عن طريق استعمالها في تغذية الحيوانات كما تدخل في العديد من الصناعات الغذائية [3] . واتسع الاهتمام في تربية اسماك الكارب في مزارع الأسماك العراقية لما تتمتع به من تحقيق معدلات إنتاج عالية ومقاومة واضحة للتغيرات في العديد من الظروف البيئية وسهولة استزراعها وتوافر متطلبات نموها . فضلاً عن ذلك تقبلها من قبل المستهلك العراقي وامتلاكها لصفات نموذجية للأسماك المراد تربيتها [4] .

إن الطاقة الشمسية من الطاقات الرخيصة والمتوفرة بغزارة في العراق كما أنها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة وليس فيها مخلفات ملوثة للبيئة ، وهي الطاقة البديلة والمتجددة في المستقبل ويصل عدد الساعات المشمسة في العراق إلى 3600 ساعة في السنة [5] . أما معدل طاقة الإشعاع الشمسي المتوفرة في العراق فهي 760 واط/م² [6] .

إن التجفيف الشمسي الطبيعي Sun drying من أقدم طرائق الحفظ [7] . ويحتاج التجفيف الشمسي إلى مناطق تتوافر فيها درجات حرارة عالية ورطوبة واطئة وخالية من الأمطار ولاسيما خلال موسم التجفيف [8] ويعد العراق من البلدان المعروفة في هذا الميدان حيث تجفف في هذه الطريقة العديد من الأغذية إذ لا يتطلب الأمر أكثر من وضع الغذاء المجهز على صواني أو

2. مواد العمل وطرائقه:

المجفف الشمسي تحت التفريغ Vacuum solar dryer

مقدارها 30 درجة عن الأفق لغرض استلام اكبر كمية من الإشعاع الشمسي بحسب ظروف محافظة البصرة .

2.2 وحدة التفريغ Vacuum Unite

تتكون من مضخة تفريغ (21) قدرتها 250 واط تعمل بفرق جهد 220 فولت . وتصريفها 43 م³/ساعة. ربطت مضخة التفريغ (21) مع غرفة التجفيف (11) عن طريق أنبوب بلاستيكي (15) قطر 0.12 م عند النهاية الأخرى أسفل غرفة التجفيف (11) ، وزود بصمامات للتحكم (19) بمقدار التفريغ ، ومصيدة للبخار (16) المتكثف في نهاية غرفة التجفيف (11) .

3.2 وحدة إنتاج الطاقة الكهربائية

تتكون من خلية شمسية (2) مساحتها 1.58×0.83 م² تميل مع الأفق بزاوية 30 درجة . ومسيطر شحنة (3) Charge Control وبطارتين (6) سعة الواحدة 60 أمبير . ساعة وعاكس (5) قدرته 1500 واط . تقوم هذه الوحدة بإنتاج الطاقة الكهربائية لتشغيل مضخة التفريغ (21) ومقياس درجة الحرارة (18) . والخلية الشمسية (2) وملحقاتها موضوعة على هيكل حديدي مصنوع من حديد الزاوية .

4.2 آلية عمل المجفف الشمسي

بعد توجيه كل من غرفة التجفيف الشمسي والخلية الشمسية باتجاه الجنوب ، وتعليق الأسماك في غرفة التجفيف وغلق الباب بإحكام يلحظ انه عند سقوط أشعة الشمس على الغطاء الزجاجي لغرفة التجفيف فانه ينفذ الى السطح الأسود لغرفة التجفيف ونتيجة لامتصاص أشعة الشمس فانه يسخن ويبعث أشعة حرارية إذ يقوم الزجاج بمنع تسرب الأشعة الحرارية خلاله إلى المحيط . وتنتقل الحرارة عبر السطح الأسود لغرفة التجفيف إلى داخلها مما يؤدي إلى انتقال الحرارة إلى الأسماك عن طريق التوصيل والإشعاع . وتسخن الأسماك وينتج عن ذلك تبخر الماء الموجود فيها ونتيجة للتخلخل بالضغط داخل غرفة التجفيف فان بخار الماء يسحب للخارج حيث يتكثف عند النهاية السفلى من غرفة التجفيف ويخرج من

تم تصميم وتصنيع مجفف شمسي تحت التفريغ في ورشة قسم علوم الأغذية - كلية الزراعة - جامعة البصرة والموضح في الشكلين (2،1) و يتكون من الأجزاء الآتية:

1.2 غرفة التجفيف الشمسي Solar Drying chamber

تتألف غرفة التجفيف (11) من خزان اسطواني مصنع من صفائح من الحديد سمكها 0.006 م وطوله 1.25 م وقطره 0.4 م ، وطلاي سطحه الخارجي بلون اسود غير لامع . وضعت في غرفة التجفيف (11) من الداخل سكة حديدية ينزلق فيها هيكل لتعليق الاسماك (12) ذو ثمانية كلاليب لغرض تعليق الأسماك بها ، وزودت غرفة التجفيف (11) من المقدمة بغطاء مصنع من البلاستيك الشفاف (8) سمكه 0.025 م وقطره 0.52 م وثبت عن طريق أربع صامولات (7) على غرفة التجفيف ويفصل بين الاثنتين حلقة مطاطية لمنع تسرب الهواء . تحتوي غرفة التجفيف على مقياس للضغط التخلخلي (9)

Vacuum pressure ومزدوج حراري Thermocouple متصل بجهاز لقياس درجة الحرارة (18) داخل الغرفة (11) ، ووضع فيها جهاز لقياس الرطوبة أيضاً. وضع الخزان الاسطواني داخل هيكل خشبي طوله 1.15 م وعرضه 0.45 م وسمكه 0.015 م وغلف الخزان بعازل الرغوة (14) و بسمك 0.025 م من الجوانب والأسفل لغرض تقليل الفقد الحراري ثم غلف الخزان والعازل بصفائح الألمنيوم لغرض زيادة متانته والحد من تأثير الظروف البيئية عليه . ومن الأعلى وضع غطاء زجاجي شفاف (10) سمكه 0.004 م وأبعاده 1.11×0.39 م² وتركت فجوة هوائية بين الزجاج و سطح الخزان مقدارها 0.07 م . واستعملت مادة السليكون الشفاف كمادة لاصقة للغطاء الزجاجي (10) ولمنع تسرب الهواء . وضعت غرفة التجفيف الشمسي على هيكل حديدي (17) مصنوع من حديد الزاوية المثقب . أبعاد الحاضن 1.18×0.50 م² وغرفة التجفيف والحاضن مائلة بزاوية

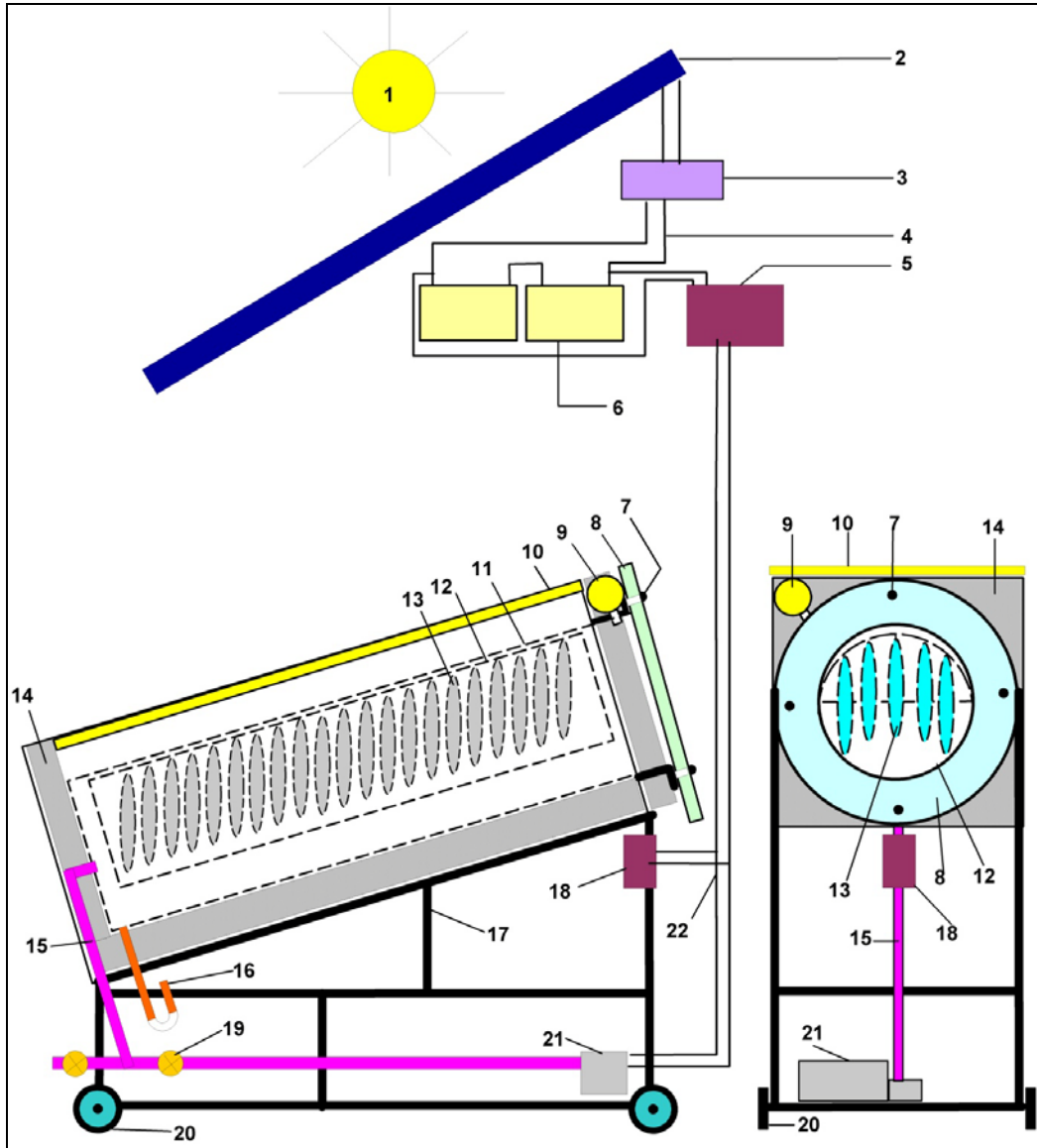
5.2 المجفف الكهربائي تحت التفريغ Vacuum electric dryer

استعمل المجفف الكهربائي تحت التفريغ المصنع من شركة Gallenhamp وهو انكليزي الصنع و سعته 4 كغم .

6.2 التجفيف الشمسي الطبيعي Sun Drying

تم تجفيف الأسماك وذلك بوضعها في أطباق بصورة أفقية على الأرض وعرضت على الإشعاع الشمسي المباشر إلى وقت الجفاف.

الأنبوية المنحنية إلى الخارج . إن مضخة التفريغ تأخذ قدرتها من الخلية الشمسية التي تقوم بتحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية لإنتاج تيار مستمر DC يمر عن طريق مسيطر الشحنة إلى البطاريتين لغرض خزن الطاقة فيهما وتنتقل الطاقة الكهربائية من البطاريتين إلى العاكس لتحويل الطاقة الكهربائية من DC إلى AC لغرض تشغيل مضخة التفريغ وجهاز قياس درجة حرارة غرفة التجفيف .



شكل (1): مخطط للمجفف الشمسي تحت التفريغ المصنع محلياً.

- 1- الشمس
- 2- الخلية الشمسية
- 3- مسيطر الشحنة
- 4- أسلاك كهربائية
- 5- عاكس
- 6- بطاريات
- 7- صامولة
- 8- غطاء بلاستيكي شفاف
- 9- مقياس ضغط التفريغ
- 10- غطاء زجاجي
- 11- غرفة التجفيف (اسطوانة سوداء)
- 12- هيكل تعليق الأسماك
- 13- اسماك
- 14- عازل
- 15- أنبوب سحب الهواء الرطب
- 16- أنبوب إخراج الماء
- 17- هيكل حديدي
- 18- مقياس درجة الحرارة
- 19- صمام
- 20- إطار
- 21- مضخة تفريغ
- 22- أسلاك كهربائية



شكل (2) : صورتان فوتوغرافيتان للمجفف الشمسي تحت التفريغ من الأمام والخلف

7.2 قياس درجة الحرارة :

استعمل جهاز قياس درجة الحرارة الالكتروني موديل

XMTD – 2301 انكليزي الصنع ثبت خارج غرفة

التجفيف وزود بمزدوج حراري مربوط مباشرة وسط غرفة التجفيف. وقيست درجة حرارة الجو باستعمال المحرار الزئبقي.

8.2 قياس شدة الإشعاع الشمسي :

تم قياس شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح

المجمع الشمسي بوساطة جهاز بايرانوميتر

Pyranometer من نوع CM11 صنع شركة Kipp

and Zonen , Holland ، وثبت على اطار للمجمع

الشمسي وبزاوية ميل 30 درجة ، وأما قياساته فكانت تقرأ بوساطة جهاز الفولتميتر الرقمي.

9.2 قياس الرطوبة النسبية في المجفف :

قيست الرطوبة النسبية في غرفة التجفيف باستعمال

جهاز قياس الرطوبة نوع Normal صنع شركة

SUNDO الألمانية.

10.2 قياس الزمن اللازم للتجفيف

قيس زمن التجفيف العملي ابتداءً من وضع الأسماك

في المجفف الشمسي تحت التفريغ والمجفف الكهربائي

تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي حتى حين ثبات

وزن الأسماك على أساس الساعات المشمسة في المجفف

الشمسي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي .

11.2 تقدير الرطوبة

قدرت النسبة المئوية للرطوبة بحسب [14] وذلك

بتجفيف 5غم من لحم السمك باستعمال فرن تجفيف

كهربائي في درجة حرارة 105 م ولحين ثبات الوزن .

12.2 حساب كفاءة التجفيف المعدلة Normalized

drying efficiency

حسبت كفاءة التجفيف المعدلة من المعادلات الآتية :

[15]

$$\eta_d = \frac{[(M_t - M_f)W_o L_v / (M_o + 1)]}{IAt} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$\eta_n = \eta_d / W_o (\%Kg^{-1}) \quad (2)$$

- A: مساحة المجفف الشمسي (م)
 I : شدة الإشعاع الشمسي (واط / م)
 Lv: الحرارة الكامنة للتبخر (جول / كغم)
 Mo: المحتوى الرطوبي الأولي (%)
 t: زمن التجفيف (ثا)
 Wo: الوزن الرطب للأسمك (كغم)
 ηd: كفاءة التجفيف اليومية (%)
 ηn: كفاءة التجفيف اليومية المعدلة (%كغم)
 Mf: المحتوى الرطوبي النهائي للأسمك (%)

11.تقدير الانتشار الرطوبي

حسبت نسبة الرطوبة من المعادلة الآتية: [16]

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp. \left[- \frac{(2n+1)D_{eff} \cdot \pi^2 t}{4L^2} \right] \quad (3)$$

عندما يصبح زمن التجفيف اكبر $n > 1$ فان المعادلة (2) تؤخذ بهيأة الجزء الأول من المتسلسلة. واستعملت هذه المعادلة من قبل عدد من الباحثين [17,18] لحساب نسبة الرطوبة بعد حساب الانتشار الرطوبي وكما يلي:

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

الثابت A يساوي $\frac{8}{\pi^2}$.

يمكن التعبير عن المعادلة (4) كالاتي :

$$\ln(MR) = \ln \left(\frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \right) = \ln A - \left(\frac{D_{eff} \cdot t \pi^2}{4L^2} \right) \quad (5)$$

وتكون العلاقة بينهما خطأ مستقيماً وان قيمة الميل S تساوي :

قيم الانتشار الرطوبي حسبت من خلال رسم بيانات التجفيف التجريبية من خلال رسم $\ln(MR)$ وزمن التجفيف ،

$$S = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (6)$$

وبتعويض قيمة S بالمعادلة (6) يمكن حساب مقدار الانتشار الرطوبي .

M_i : المحتوى الرطوبي على اساس جاف (غم ماء /غم مادة صلبة .

M_t : المحتوى الرطوبي على اساس جاف عند الزمن t .

A : ثابت .

D_{eff} : (ثا) .² الانتشار الرطوبي الفعال (م)

t : الزمن (ثانية) .

L : سمك الغذاء (م) .

يمكن التنبؤ بالمحتوى الرطوبي للأسماك من تبسيط المعادلة (3) فينتج :

$$Mt = (Mi - Me)Ae \left(\frac{-Dt \cdot \pi^2}{4L^2} \right) + Me \quad (7)$$

M_e : المحتوى الرطوبي المتوازن (غم ماء / غم مادة جافة)

13.2 حساب معدل التجفيف

R_D : معدل التجفيف (كغم / سا).

ΔM : التغير بالمحتوى الرطوبي (غم ماء / غم مادة

جافة).

Δt : التغير بزمن التجفيف (ساعة).

حسب معدل التجفيف من خلال قسمة التغير في المحتوى الرطوبي على اساس جاف على التغير في زمن التجفيف [19].

$$R_D = \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (8)$$

14.2 النماذج التجريبية لنسبة الرطوبة

الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي للأسماك المملحة وغير المملحة) و هو يعطي معامل تحديد عالٍ R^2 واقل قيمة لمربع كاي X^2 والخطأ النسبي RE% ومجموع مربعات الخطأ RMSE. والقيم الإحصائية حسبت من المعادلات الرياضية الآتية :

بيانات نسبة الرطوبة مع زمن التجفيف يتم التنبؤ بها من خلال عشرة موديلات للتجفيف بالطبقة الرقيقة كما في الجدول (1). وهذه الموديلات مستعملة بشكل واسع جداً لوصف حركية تجفيف اغلب الأغذية وان أفضل موديل تم اختياره لوصف عمليات تجفيف الأسماك بطرائق تجفيف مختلفة (مجفف شمسي تحت التفريغ والمجفف

$$\chi^2 = \frac{1}{N - n} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pred,i})^2 \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pred,i})^2} \quad (10)$$

$$RE\% = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^N \frac{|MR_{exp,i} - MR_{pred,i}|}{MR_{exp,i}} \quad (11)$$

MR: نسبة الرطوبة

N: عدد القيم

n : عدد الثوابت

جدول (1) : موديلات الطبقة الرقيقة المطبقة على منحنيات التجفيف.

المصادر	الموديل	اسم الموديل
(Demir et al., 2007; Akpinar et al., 2006)	$MR = \exp(-Kt)$	Lewis
Yaldiz and Ertekin, 2001; Diamente and (Munro, 1993)	$MR = \exp(-Kt^n)$	Page
Demir et al., (2007)	$MR = \exp[(-Kt)^n]$	Modified Page
(Henderson and Pabis, 1961; Doymaz, 2004)	$MR = a \exp(-Kt)$	Henderson and Pabis
Akgun and Doymaz, (2005)	$MR = a \exp(-Kt) + C$	Logarithmic
Madamba et al., (1996)	$MR = a \exp(-K_0t) + b \exp(-K_1t)$	Two-term model
Yaldiz and Singh, (2001)	$MR = a \exp(-Kt) + (1-a)\exp(-Kbt)$	Approximation of diffusion
(Wang and Singh, 1978; Sacilik et al., 2006)	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang and Singh
Midilli et al., (2002)	$MR = a \exp[-K(t)^n] + bt$	Midilli

حيث K : ثابت التجفيف (ساعة⁻¹)
 a, b, c, n, k_0, k_1 : ثوابت.

15.2 الأسماك المستعملة

داخلة سكة فيها كلابيب تعلق بها الاسماك بدرجة حرارة 50 °م تحت التفريغ ، اما القسم الثاني فقد وضع في المجفف الكهربائي تحت التفريغ الهزود بأطباق معدنية بدرجة حرارة 50 °م ، اما القسم الثالث فقد ترك للتجفيف الشمسي الطبيعي اذ وضعت الاسماك على رفوف وبصورة مائلة مع التقليب المستمر لإزالة الراشح من الماء الفائض وفي تجفيف الغلاصم والتجفيف الداخلي خاصةً فضلاً عن زيادة نسبة التجفيف وجعلها بعيدة عن الاتربة والغبار .

استعملت في هذه الدراسة اسماك الكارب الطازجة التي تم الحصول عليها من السوق المحلية في البصرة ووضعت في حاوية من الفلين تحتوي على الثلج المبروش بدرجة حرارة (4±1) م لنقلها إلى المختبر وتم قياس معدل الطول والوزن لهذه الأسماك وكان معدل الطول 30 سم ومعدل الوزن 355غم ، بعدها تم فتحها من الظهر وإزالة الأحشاء الداخلية و الغلاصم وتنظيفها بماء الحنفية ثم تمليحها بملح جاف 2% وتركت ساعة معلقة لنضح الماء الزائد وبعدها قسمت العينات الى ثلاثة اقسام : القسم الاول وضع في المجفف الشمسي تحت التفريغ حيث يوجد في

3. النتائج والمناقشة

1.3 شدة الإشعاع الشمسي :

قيمة لها عند الساعة الرابعة عصراً ، إذ بلغت 469.38 واط / م² . وهذا يعود إلى دوران الأرض حول محورها ونتيجة لذلك تتغير الزوايا الشمسية solar angles مع ساعات النهار ، التي تشمل الزاوية السميتية zenith

يوضح الشكل (3) إن شدة الإشعاع الشمسي ازدادت مع تقادم ساعات النهار ووصلت إلى أقصى قيمة لها عند الساعة الثانية عشر ظهراً (منتصف النهار) حيث بلغت 1006.80 واط / م² ثم انخفضت حتى وصلت إلى اقل

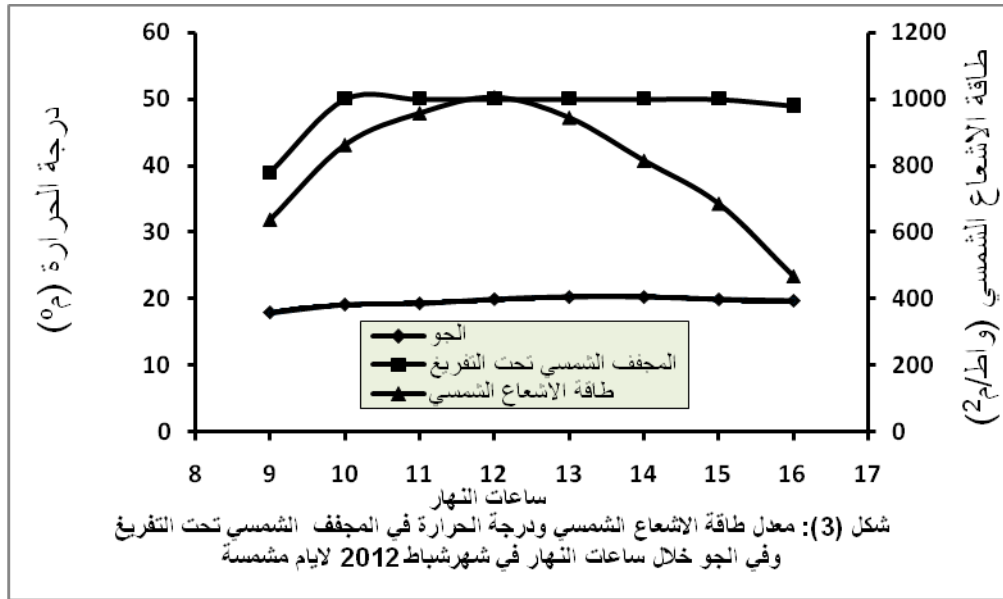
العديد من الباحثين [22] و [23] و [24] و [25] و [26] و [27] و [28] و [29] الذين أكدوا على أن شدة الإشعاع الشمسي تزداد مع تقادم ساعات النهار وتصل إلى أقصى قيمة لها عند منتصف النهار ثم تنخفض بعد ذلك .

الإبقاء على هذه الدرجة الحرارية المستخدمة في التجفيف حتى الساعة الرابعة عصرًا ، وهذا يعود إلى تغير شدة الإشعاع الشمسي مع تقادم ساعات النهار الذي يؤثر بشكل مباشر على درجة حرارة الجو ودرجة حرارة المجفف الشمسي ، إذ أن زيادة طاقة الإشعاع الشمسي تؤدي إلى زيادة الطاقة المنتزعة بواسطة المجمع الشمسي ، وتنتقل عن طريق الحمل والإشعاع إلى داخل غرفة التجفيف .

angle وزاوية الارتفاع altitude angle وزاوية السمات azimuth angle وتصل قيمة الأخيرة إلى الصفر عند منتصف النهار والى قيمتها العظمى عند الشروق والغروب وكذلك تغير زاوية الساعة hour angle مع ساعات النهار [20,21] وهذا يتفق مع ما توصل إليه

2.3 درجة حرارة المجفف الشمسي تحت التفريغ

يلاحظ من الشكل (3) أن درجة حرارة غرفة التجفيف عند الساعة التاسعة صباحاً كانت 39 م° عندما كانت درجة حرارة الجو 17.39 م° ثم أخذت بالارتفاع مع تقادم ساعات النهار بالتزامن مع ارتفاع درجة حرارة الجو حتى وصلت درجة الحرارة في المجفف الشمسي إلى 50 م° عند الساعة العاشرة صباحاً واستمرت درجة حرارة غرفة التجفيف على 50±1.2 وذلك عن طريق تغطية 50% من مساحة الغطاء الزجاجي شتاءً و 65% صيفاً من أجل



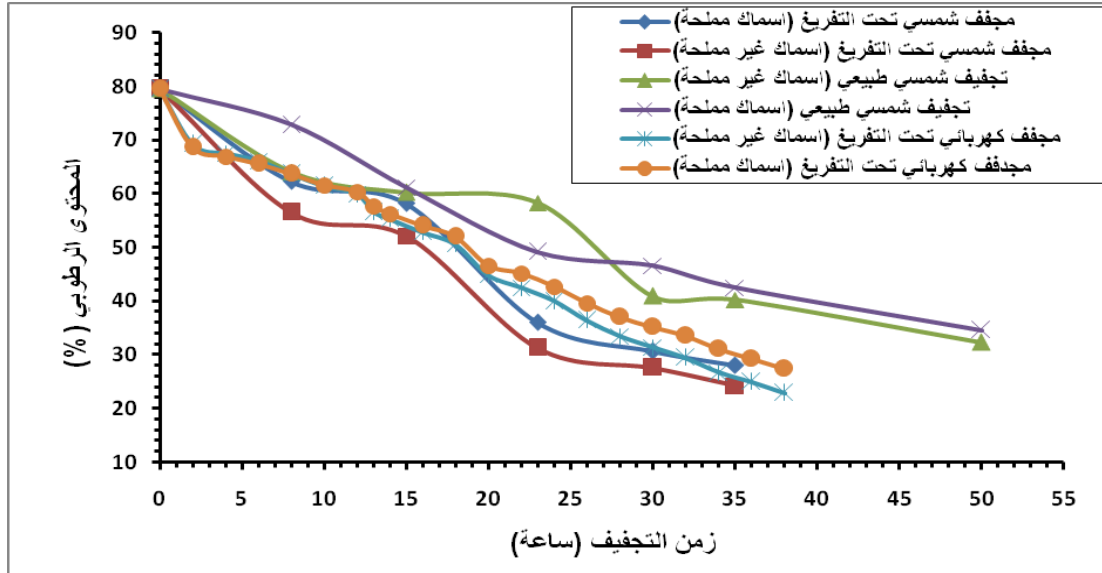
3.3 المحتوى الرطوبي (%)

مع تقادم زمن التجفيف نتيجة زيادة طاقة الإشعاع الشمسي مع تقادم ساعات النهار مما أدى إلى زيادة الطاقة الممتصة والطاقة المنتزعة التي تؤثر إيجاباً على زيادة الطاقة الحرارية داخل المجفف الشمسي إضافة إلى ذلك فإن عملية تخلخل الضغط داخل المجفف الشمسي أو الكهربائي تسرع من عملية التبخر لان الماء يتبخر بدرجات حرارية منخفضة . وهذا يتفق مع [25] و [30]

يلاحظ من الشكل (4) الذي يوضح العلاقة بين زمن التجفيف والمحتوى الرطوبي (%) للأسماك المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ والمجفف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي. إن رطوبة الأسماك قد انخفضت معنوياً ($p < 0.05$) مع زيادة زمن التجفيف بطرائق التجفيف جميعها . وهذا يعود إلى تبخر الماء من الأسماك بسبب ارتفاع درجة حرارتها وصولاً إلى 50 م°

الكهربائي قد انخفضت مع زيادة زمن التجفيف وكان مقدار الانخفاض في الأسماك غير المملحة أعلى منه من الأسماك المملحة . وكانت الأسماك غير المملحة رطوبتها اقل بصورة بسيطة من الأسماك المملحة لطرائق التجفيف جميعها .

و [31] الذين بينوا أن رطوبة الأسماك تنخفض مع زيادة زمن التجفيف بالطاقة الشمسية والتجفيف الشمسي الطبيعي . وكان الانخفاض في المجفف الشمسي تحت التفريغ أعلى من المجفف الكهربائي تحت التفريغ ثم التجفيف الشمسي الطبيعي . وهذا يتفق مع [32] اللذين وجدوا أن رطوبة اسماك القرش المملحة المجففة بالمجفف

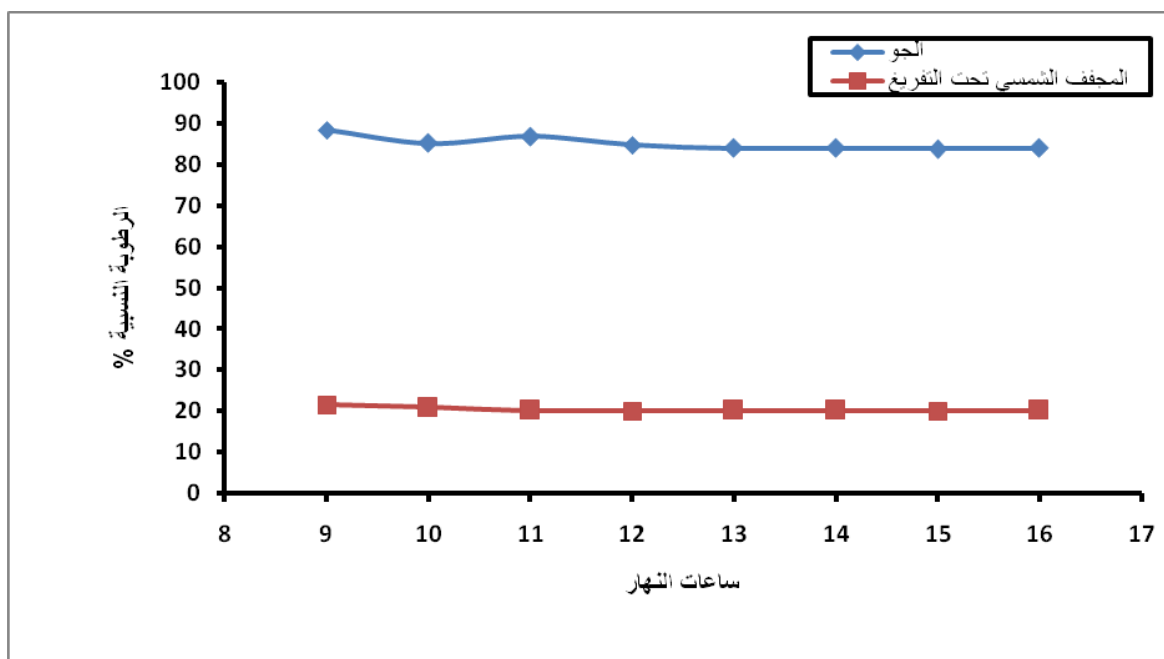


شكل (4) : العلاقة بين زمن التجفيف والمحتوى الرطوبي للأسماك المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ والمجفف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي .

4.3 الرطوبة النسبية (%)

الحرارة عند الساعة الرابعة عصراً ومن ثم انخفاض شدة الإشعاع الشمسي بشكل كبير ، أما المجفف الشمسي تحت التفريغ فان الرطوبة النسبية فيه اقل بكثير من الرطوبة النسبية في الجو وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التجفيف ووجود مضخة التفريغ Vacuum التي تعمل على سحب بخار الماء من داخل غرفة التجفيف إلى الخارج عن طريق صمام موجود أسفل غرفة التجفيف .

يلاحظ من الشكل (5) الذي يوضح الرطوبة النسبية في المجفف الشمسي تحت التفريغ والجو خلال ساعات النهار لشهر شباط 2012 انخفاض الرطوبة النسبية في الجو مع تقادم ساعات النهار بصورة بسيطة وانخفاض الرطوبة النسبية في المجفف الشمسي تحت التفريغ بصورة كبيرة جداً مقارنة بالرطوبة النسبية في الجو حيث بلغ متوسط الرطوبة النسبية في الجو 85.1% وانخفض في المجفف الشمسي تحت التفريغ 20.38% . ويعود السبب في ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو إلى انخفاض درجة

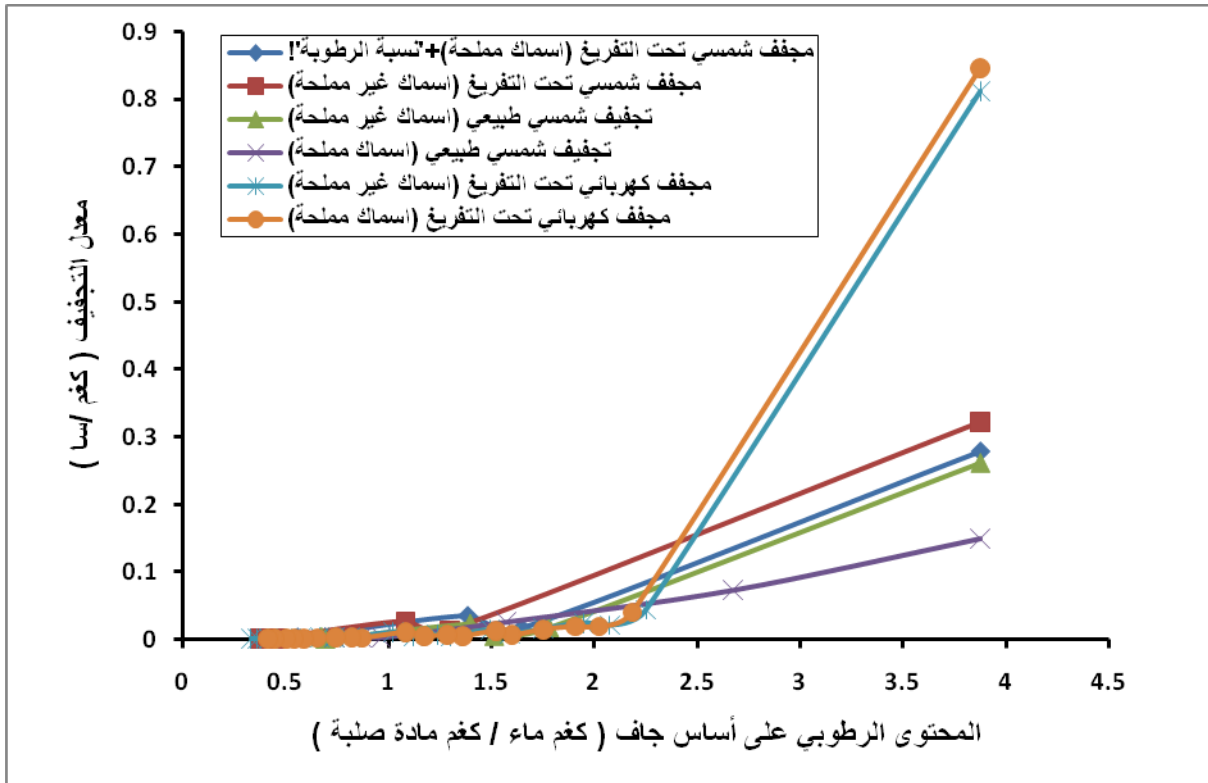


شكل (5): الرطوبة النسبية في المجفف الشمسي تحت التفريغ والجو خلال ساعات النهار في شهر شباط 2012

5.3 معدل التجفيف

الفقدان يتناقص مع زيادة زمن التجفيف . كما أظهرت النتائج أن معدل التجفيف بالمجفف الكهربائي تحت التفريغ في البداية كان أعلى من بقية طرائق التجفيف وصولاً إلى المحتوى الرطوبي 2.25 (كغم ماء / كغم مادة صلبة) ثم أصبح اقل من المجفف الشمسي تحت التفريغ ومقارب إلى التجفيف الشمسي الطبيعي في الأسماك المملحة وغير المملحة . وبينت النتائج إن معدل التجفيف في الأسماك المملحة كان اقل من الأسماك غير المملحة وهذا قد يعود إلى أن وجود الملح مع الحرارة يسبب غلق الأنايبب الشعرية التي تخرج منها الرطوبة كون عملية التجفيف جاءت مباشرة بعد تمليح الأسماك .

إن منحني معدل التجفيف له فائدة كبيرة في تحديد الزمن اللازم لتجفيف كميات اكبر عند ظروف التجفيف نفسها [33] . ويلاحظ من الشكل (6) الذي يبين العلاقة بين المحتوى الرطوبي على أساس جاف (كغم ماء/ كغم مادة صلبة) ومعدل التجفيف (كغم / سا) في المجفف الشمسي تحت التفريغ والكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي للأسماك المملحة وغير المملحة . إن معدل التجفيف انخفض مع انخفاض المحتوى الرطوبي لطرائق التجفيف جميعها للأسماك المملحة وغير المملحة . وهذا بسبب فقدان كمية الماء من الأسماك إلى هواء التجفيف المسحوب بواسطة المضخة إلى الجو في حالة التجفيف الشمسي الطبيعي ، وهذا

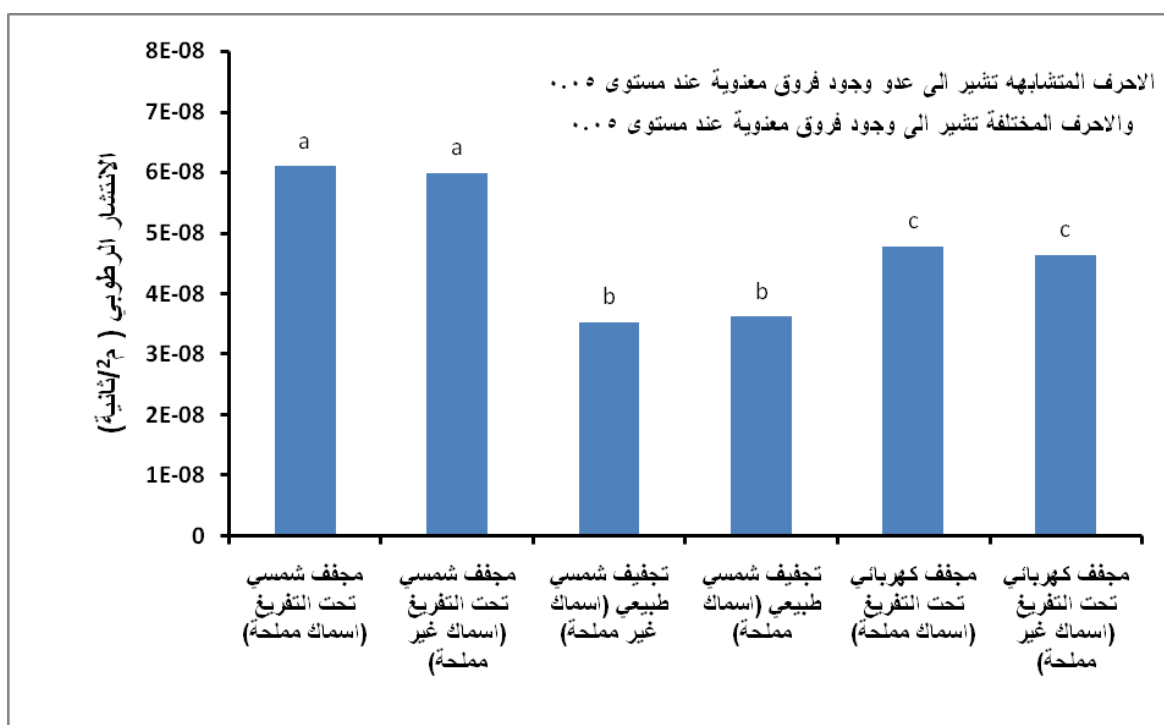


شكل (6) : العلاقة بين المحتوى الرطوبي على أساس جاف ومعدل التجفيف للأسماك المجففة بالمجفف الشمسي والمجفف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي .

6.3 الانتشار الرطوبي

الكهربائي تحت التفريغ (4.78×10^{-9} ، $10^{-9} \times$
 $4.64 \text{ م}^2/\text{ثا}$) والتجفيف الشمسي الطبيعي ($10^{-8} \times$
 3.62 ، $10^{-8} \times 3.53 \text{ م}^2/\text{ثا}$) على التوالي للأسماك
 المملحة وغير المملحة. ومن الواضح أن الانتشار
 الرطوبي يميل إلى الزيادة عند انخفاض الضغط وهذا يزيد
 من معدل التجفيف مقارنة مع التجفيف الشمسي الطبيعي
 وهذا ما اثبته [34] و [35].

يلاحظ من الشكل (7) الذي يبين الانتشار الرطوبي
 (م²/ثا) للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف
 الشمسي تحت التفريغ والمجفف الكهربائي تحت التفريغ
 والتجفيف الشمسي الطبيعي. ان قيم الانتشار الرطوبي في
 الأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف
 الشمسي تحت التفريغ كانت (6.09×10^{-9} ، 10^{-9}
 $5.99 \times \text{م}^2/\text{ثا}$) كانت أعلى من الانتشار الرطوبي
 للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف



شكل (7): العلاقة بين طرائق التجفيف والانتشار الرطوبي للأسماك المجففة بالمجفف الشمسي والكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي .

7.3 نمذجة نسبة الرطوبة

الأسماك غير المملحة مقارنة مع الأسماك المملحة المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ. أما بالنسبة للأسماك المجففة بالمجفف الكهربائي تحت التفريغ فان كل من موديل Modified page وموديل Midilli كانا متقاربان في النتائج الإحصائية والفروقات بينهما طفيفة جداً لذلك فهما ينطبقان بشكل جيد لوصف منحني التجفيف الأفضل مقارنة مع جميع الموديلات المبينة في الجدول (2).

إذ كانت قيمة X^2 ، RE% ، RMSE لها اقل من بقية الموديلات الأخرى . وكان الموديلان أفضل بالتطبيق في الأسماك المملحة ، مقارنة مع غير المملحة . وأظهرت النتائج أيضاً إن كل من موديل Modified page وموديل Midilli ينطبقان على نتائج التجفيف الشمسي الطبيعي بشكل أفضل من بقية الموديلات الأخرى وتكون القيم الإحصائية لهما أفضل من الموديلات الأخرى جميعها.

يوضح الجدول (2) الثوابت التجريبية والنتائج الإحصائية المتحصل عليها من نمذجة معادلات الطبقة الرقيقة المختلفة عند تجفيف الأسماك بطرائق تجفيف مختلفة. هنالك أربعة معايير استعملت لتحديد مدى ملءة أفضل موديل للنتائج وهي معامل التحديد R^2 ، مربع كاي X^2 الخطأ النسبي RE% ومعدل مربع الخطأ RMSE.

إن اقل قيمة لكل من X^2 و RMSE و RE% و أعلى قيمة لـ R^2 للموديل الرياضي يكون هو الأفضل في وصف تغير نسبة الرطوبة مع زمن التجفيف. أظهرت النتائج إن موديل Lewis هو الأفضل في وصف نسبة الرطوبة مع الزمن عند تجفيف الأسماك بالمجفف الشمسي تحت التفريغ حيث أعطى معدل اقل قيمة لكل من X^2 ، RE% ، RMSE وكانت 0.031406 ، 12.14632 ، 0.161725 على التوالي. في حين كان معامل التحديد كان عالي جداً لجميع الموديلات وهو اكبر من 0.95 . كما بينت النتائج إن موديل Lewis أكثر ملائمة في

8.3 ثابت التجفيف K

0.070976 ، 0.098886 ساعة⁻¹ على التوالي. وان سبب زيادة ثابت التجفيف في الأسماك غير المملحة المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي هو نتيجة عدم وجود الملح الذي يسبب سد المسامات الشعرية في الأسماك ويقلل سرعة خروج الرطوبة لأن الأسماك ملحت ووضعت مباشرة في المجففات في حين تختلف قيمة ثابت التجفيف معنوياً للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف الكهربائي تحت التفريغ.

يلاحظ في الجدول أن متوسط ثابت التجفيف للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ بلغ 0.10985 ، 0.144098 ساعة⁻¹ على التوالي بحسب معادلة Lewis. أما في الأسماك المملحة وغير المملحة بالمجفف الكهربائي تحت التفريغ فقد بلغ ثابت التجفيف 0.127841 ، 0.127488 ساعة⁻¹ على التوالي بحسب موديل modified page وفي هذا الموديل أيضاً بلغ معدل التجفيف في الأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالتجفيف الشمسي الطبيعي

جدول (2): الثوابت التجريبية والنتائج الإحصائية المتحصل عليها من نمذجة معادلات الطبقة الرقيقة المختلفة عند تجفيف الأسماك بطرائق تجفيف مختلفة.

RMSE	RE%	X ²	R ²	الثوابت	طرائق التجفيف		الرياضي الموديل	
					S0	A		
0.157676	9.386334	0.029834	0.99251	k=0.144098	S0	A	Lewis	
0.165774	14.90631	0.032977	0.990751	k=0.109851	S1			
0.161725	12.14632	0.031406	0.991631	المعدل				
0.211526	4.532009	0.060369	0.95946	k=0.136484	S0	B		
0.223445	4.90625	0.067929	0.950238	k=0.146455	S1			
0.217486	4.71913	0.064149	0.954849	المعدل				
0.232316	10.18571	0.063349	0.977945	k=0.085232	S0	C		
0.132187	5.838692	0.021528	0.994296	k=0.074005	S1			
0.182252	8.012201	0.042439	0.986121	المعدل				
0.127533	16.79235	0.024397	0.99483	k=0.243696, n=0.76472	S0	A		Page
0.162557	17.26497	0.039637	0.991296	k=0.135019, n=0.920901	S1			
0.145045	17.02866	0.032017	0.993063	المعدل				
0.11933	2.578119	0.01935	0.98107	k=0.250371, n=0.672326	S0	B		
0.116348	2.564437	0.018608	0.978908	k=0.289318, n=0.625344	S1			
0.117839	2.571278	0.018979	0.979989	المعدل				
0.169373	13.10473	0.047485	0.986188	k=0.22287, n=0.653893	S0	C		
0.072002	5.534222	0.007331	0.998064	k=0.032378, n=1.296587	S1			
0.120688	9.319476	0.027408	0.992126	المعدل				
0.127533	16.79235	0.024397	0.994831	k=0.157832, n=0.764727	S0	A	Modified page	
0.162557	17.26461	0.039637	0.991296	k=0.113683, n=0.920919	S1			
0.145045	17.02848	0.032017	0.993064	المعدل				
0.11933	2.578123	0.019351	0.981069	k=0.127488, n=0.672326	S0	B		
0.113136	2.479992	0.017576	0.981148	k=0.127841, n=0.605857	S1			
0.116233	2.529058	0.018464	0.981109	المعدل				
0.171545	12.15976	0.046096	0.985942	k=0.098886, n=0.703561	S0	C		
0.072009	5.546138	0.00733	0.998072	k=0.070976, n=1.299355	S1			
0.121777	8.852949	0.026713	0.992007	المعدل				
0.152944	9.932265	0.035088	0.992417	k=0.135395, a=0.990863	S0	A		Henderson and Pabis
0.222872	9.541266	0.074508	0.986866	k=0.134, a=0.99	S1			
0.187908	9.736766	0.054798	0.989642	المعدل				
0.194103	3.246834	0.043629	0.971292	k=0.09028, a=0.841488	S0	B		
0.216028	3.937409	0.053059	0.963215	k=0.09017, a=0.81983	S1			
0.205066	3.592122	0.048344	0.967254	المعدل				
0.227247	10.26663	0.072875	0.977576	k=0.082211, a=0.963822	S0	C		
0.127294	5.651021	0.023904	0.993938	k=0.075724, a=1.027682	S1			
0.177271	7.958826	0.04839	0.985757	المعدل				
0.151014	13.86413	0.045611	0.992527	k=0.141591, a=0.980042, c=0.012667	S0	A	Logarithmic	
0.161992	10.66306	0.052483	0.991057	k=0.101952, a=1.01171, c=-0.02285	S1			
0.156503	12.2636	0.049047	0.991792	المعدل				
0.196037	3.280129	0.04691	0.971337	k=0.087665, a=0.845547, c=-0.00813	S0	B		
0.053041	1.267324	0.005156	0.993145	k=0.071794, a=0.653888, c=0.346112	S1			
0.17627	7.771862	0.047979	0.981565	المعدل				
0.216015	11.58544	0.087177	0.9783	k=0.092646, a=0.93912, c=0.034557	S0	C		
0.111904	6.779926	0.024539	0.994799	k=0.06364, a=1.093201, c=-0.07597	S1			
0.16396	9.182683	0.055858	0.98655	المعدل				
0.116391	16.15209	0.040641	0.99578	k ₀ = 0.094268, k ₁ =1.754194, a=0.629462, b=0.370519	S0	A		Two-term model
0.165421	15.14083	0.082093	0.990798	k ₀ = 0.102793, k ₁ = 0.109368, a=0.024459, b=0.968069	S1			
0.140906	15.64646	0.061367	0.993289	المعدل				
0.154261	11.24769	0.061419	0.988932	k ₀ = 0.0561, k ₁ = 1.754225, a=0.646399, b=0.3536	S0	B		
0.131342	5.774491	0.042283	0.993478	k ₀ = 0.075724, k ₁ =1.754167, a=	S1			

الحلقي و الشطي و جعفر : تصميم وتصنيع مجفف للأسماك بالطاقة الشمسية تحت التفريغ ...

				1.027682, b= 0.01		
0.142802	8.511091	0.051851	0.991205	المعدل		
0.056192	1.339172	0.006002	0.993575	$k_0=0.07442, k_1=6.396159, a=0.693609, b=0.306394$	S0	C
0.053042	1.267336	0.005478	0.993145	$k_0=0.071794, k_1=8.509096, a=0.653891, b=0.346109$	S1	
0.054617	1.303254	0.00574	0.99336	المعدل		
0.153521	9.789182	0.047137	0.992449	$k=0.136374, a=1.260552, b=0.999988$	S0	A
0.165774	14.90645	0.054962	0.990751	$k=0.109807, a=3.852333, b=0.999858$	S1	
0.159648	12.34782	0.05105	0.9916	المعدل		
0.246143	4.31729	0.074166	0.968815	$k=0.10827, a=1.243699, b=1$	S0	B
0.053097	1.253863	0.00509	0.99316	$k=0.071794, a=0.653888, b=0.001$	S1	
0.14962	2.785577	0.039628	0.980988	المعدل		
0.232316	10.18571	0.095023	0.977945	$k=0.085231, a=3.472951, b=0.999993$	S0	C
0.180302	6.016851	0.057448	0.990803	$k=0.085231, a=3.472951, b=0.999993$	S1	
0.206309	8.101281	0.076236	0.984374	المعدل		
0.323412	37.90777	0.156893	0.969654	$a=-0.07827, b=0.001469$	S0	A
0.310996	29.64523	0.145078	0.973476	$a=-0.06472, b=0.000948$	S1	
0.317204	33.7765	0.150986	0.971565	المعدل		
0.55227	14.19409	0.371662	0.95017	$a=-0.0437, b=0.00051$	S0	B
0.540298	13.8694	0.345933	0.941023	$a=-0.04812, b=0.000572$	S1	
0.546284	14.03175	0.358798	0.945597	المعدل		
0.36852	19.12633	0.196303	0.951625	$a=-0.08372, b=0.00106$	S0	C
0.149333	11.28153	0.033798	0.991188	$a=-0.05017, b=0.000617$	S1	
0.258927	15.20393	0.115051	0.971407	المعدل		
0.127524	16.83559	0.048787	0.994842	$k=0.242465, a=0.998728, b=0, n=0.766035$	S0	A
0.162503	17.29314	0.079221	0.991319	$k=0.134012, a=0.958638, b=0, n=0.922913$	S1	
0.145014	17.06437	0.064004	0.993081	المعدل		
0.120425	2.663453	0.021842	0.981914	$k=0.220967, a=3.759661, b=0.001, n=0.706902$	S0	B
0.102617	2.251242	0.015832	0.98605	$k=0.260869, a=3.779931, b=0.001, n=0.566022$	S1	
0.111521	2.457348	0.018837	0.983982	المعدل		
0.171517	12.19761	0.076774	0.985976	$k=0.194625, a=0.996281, b=0, n=0.705654$	S0	C
0.063363	4.852063	0.010992	0.998201	$k=0.02981, a=1.00348, b=0.000337, n=1.335118$	S1	
0.11744	8.524837	0.043883	0.992089	المعدل		

A: مجفف شمسي تحت التفريغ

B: مجفف كهربائي تحت التفريغ

C: تجفيف شمسي طبيعي

S₀: اسماك غير مملحة

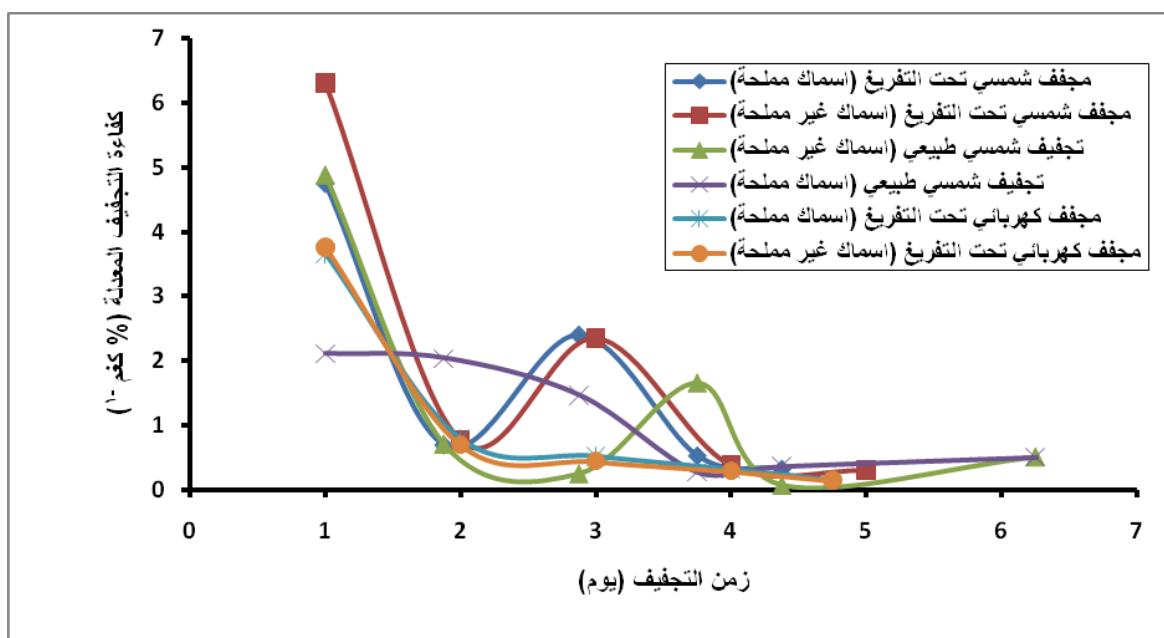
S₁: اسماك مملحة

a, b, n, k₀, k₁ ثوابت

9.3 كفاءة التجفيف المعدلة

التوالي عند تجفيف العنب بالطاقة الشمسية . ويلاحظ من الشكل (8) أيضاً أن هنالك هبوط حاد من اليوم الأول إلى اليوم الثاني وهذا بالحقيقة سببه وجود الماء الحر في الأسماك الذي يتبخر بسرعة منها وهذا ما يسمى بمرحلة التجفيف الثابت Constant drying period التي يكون الماء عندها غير مرتبط ويتطلب زمن أقصياً لخروجه من الأسماك . وبعد هذه المرحلة تبدأ مرحلة التبخر المتناقص Falling prying period وعندها يكون الماء مرتبط بالغذاء بقوة ويحتاج إلى زمن كبير لخروجه مما يؤدي إلى خفض الكفاءة .

يوضح الشكل (8) العلاقة بين كفاءة التجفيف المعدلة (% كغم⁻¹) للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف الشمسي تحت التفريغ والمجفف الكهربائي تحت التفريغ والتجفيف الشمسي الطبيعي. إن كفاءة التجفيف المعدلة قد انخفضت معنوياً ($P < 0.05$) مع زيادة زمن التجفيف لطرائق التجفيف جميعها وفي الأسماك المملحة وغير المملحة . وهذا يعود إلى انخفاض في كمية الماء المتبخرة من الأسماك مع زيادة زمن التجفيف . وهذه النتائج تتفق مع ما استنتجه [36]. وكذلك وجد [15] ان قيم الكفاءة المعدلة بلغت 16.21% كغم⁻¹ و 13.4% كغم⁻¹ لليوم الأول والثاني والثالث على



شكل (8) : العلاقة بين زمن التجفيف وكفاءة التجفيف المعدلة للأسماك المملحة وغير المملحة المجففة بطرائق تجفيف مختلفة.

المصادر

- [1] حلابو ، سعد أحمد سعد وبديع ، عادل زكي محمد وبخيت ، محمود علي احمد (1995) . تكنولوجيا الصناعات الغذائية، أسس حفظ وتصنيع الأغذية ، المكتبة الأكاديمية، 388 صفحة.
- [2] Virulhakul, p. (1995). Processing traditional fishery products quality and safety considerations. *INFOFISHINT*, 5: 50 – 56.
- [3] الدهام ، نجم قمر (1986) . 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 ، 371 صفحة.
- [4] الأمين ، أمين عبد الوهاب (1993) . التجربة العراقية لتجربة الأسماك في الأحواض العراقية ، وقائع الندوة العلمية المتخصصة حول تطوير تربية الأسماك

- [15] El-Sebaai , A.A. ; Abaul-Enein , S. ; Ramadan , M.R. and El – Gohary , H. (2002) . Experimental investigation of an indirect type natural convection solar dryer . *Energy Convection and Management*, 43 (16) : 2251-2266 .
- [16] Crank, J. (1975). The mathematics of diffusion, Oxford University, Press, London.
- [17] Elsa, U.; Antonio, V. G.; Karina,D.S.; Romina ,O.; Jorge , S. T., and Margarita, M. (2009). Characteristics of convection drying of pepion fruit (Solanum muricatum Ait.): application of weibull distribution. *Food and Bioprocess Technology*. doi:10.1007/s11947-009-0230-y (in press).
- [18]Elsa, U.; Margarita, M.; Antonio, V. G.; Issis, Q.; Rodrigo,C. and Karina, D.S.(2010). Mass transfer modeling during osmotic dehydration of Jumbo squid (*Dosidicus gigas*): influence of temperature on diffusion coefficients and kinetics parameters. *Food and Bioprocess Technology*. doi: 10.1007/s11947-010-0336-2(in press).
- [19] Yanniotis S. (2008). Solving problems in food engineering. Siproinger science+business media,LLC. USA.
- [20] Lunde , P. J. (1980) .Solar thermal engineering .John Willey and Sons , New York .
- [21] Duffie , J.A. and Beckman , W.A. (1980) . Solar Engineering of thermal Processes , Willey – Interscience , New York .386p.
- [22] Muller, J.; Risinger, G.; Kisgeci, J.; Kotta, E.; Tesic, M. and Mühlbauer, W. (1989). Development of a greenhouse type solar dryer for medicinal plants and herbs.*Journal of Solar and Wind Techonology*, 6(5): 523-530.
- [23]Krauter , S. and Ochs , F. (2002) . An all in one solar home system . RIO 02 – world climate and energy events Rio de Janeiro 21945-970 RJ, Brazil: 101-107.
- [24] Singh , S. ; Singh , P.P. and Dhaliwal , S.S. (2004) . Multi-shelf portable solar والاستغلال الأمثل للمسطحات المائية ، بغداد ، صفحة118-106.
- [5] العاشور ، رعد عبد المجيد محمد (1979) . بناء وتصميم سخان شمسي اسطواني مكافيء المقطع متعدد المراحل مع منظومة السيطرة والتعقيب الذاتية . رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية ، العراق .
- [6] الحلبي ، أسعد رحمن سعيد (2010) . هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية ، مطبعة الزهراء ، البصرة ، العراق ،362صفحة.
- [7] Sachithanathan , K .; Trim, D.S. and Speirs, C.I. (1986) . A solar dome dryer for drying fish. *FAO Fisheries Report No.329*,pp:161-172.
- [8]Hieu , T.C and Schwaitzberg , H.G (1973) :The dehydration of shrimp by distillation. Paper No.80b,presented at the 65th Annual meeting of the A.I.Ch.E. New York
- [9] Rajkumar , P. (2007). 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. 89p.
- [10] حسن ، عبد علي مهدي (1979) . مبادئ الصناعات الغذائية ، مطبعة دار الجاحظ ، جامعة بغداد ، 184 صفحة.
- [11] Tiris , C; Ozbalta , N; Tiris , M and Dincer .I. (1994) : Experimental testing of a new solar dryer . *International Journal of Energy Research*, 18(3):483-491.
- [12] Barbosa- Canovas , G.V. and Vega- Mercado , H (1996) : Dehydration of foods : Other methods of dehydration of food and packaging aspects . Food Engineering , Chapman and Hill , New York . 330p.
- [13] Waterman, J.J. (1976). The production of dried fish.*FAO Fisheries Technical Paper No.160*. FAO.Rome, Italy,64p .
- [14] AOAC: *Association of Official Analytical Chemists* (1984) . Official methods of analysis. 14th ed., Washington, DC, USA.

- [31] Nketsia-Tabiri, J. and Sefa-Dedeh, S.(2000). 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.
- [32] Mujaffar, S. and Sankat, C.K. (2005). The air drying behavior of shark fillets. *Canadian Biosystems Engineering* ,47(3): 11-21.
- [33] إسماعيل ، عزام عبد العزيز وهادي ، هادي محمد وجبار ، عبد الكريم علي (1992) . تشغيل الوحدات الحرارية ، هيئة المعاهد الفنية .
- [34] Park, K. J.(1998). Diffusion model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. *Drying Technology*, 16 (3-5): 889-905.
- [35] Drouzas, A. E.; Tsami, E. and Saravocas, G.D. (1999). Microwave / vacuum drying of model fruit gel. *Journal of Food Engineering*, 39: 117-122.
- [36] Norton, B.; Fleming ,P.D.; Burek,S.A.M.; Ekechukwu,O.V., Olukayode, A.O. and Odukwe, A.O.(1987). Optimization of natural circulation solar energy tropical crop dryers ,final report to the commission of the European communities. In: Research and field program in the field of science and technology for development.
- dryer . *Renewable Energy* , 29(5) : 753-765
- [25]الحلفي ، أسعد رحمن سعيد (2007) . تصميم وتصنيع واختبار مجفف شمسي شبه مختلط لتجفيف التمر . مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر ، 6 (1) : 101-114 .
- [26]الحلفي ، أسعد رحمن سعيد و مجيد ، غياث حميد و يعقوب ، قاسم يوسف (2008) . تصميم وتصنيع واختبار مجفف شمسي للأغذية ، مجلة البصرة للعلوم الزراعية 21 (خاص) : 254 - 266 .
- [27]الحلفي ، أسعد رحمن سعيد ومنصور ، غادة عبد الله و عيسى ، هاله يحيى وجراد ، بشرى بدر (2009) . دراسة تأثير المجفف الشمسي المصنع محلياً في الخواص الحرارية للأغذية المجففة . مجلة أبحاث البصرة (العلميات) ، 35 (6) : 82- 91 .
- [28]الربيعي ، حسن هادي مهدي (2010) . تصميم وتصنيع جهاز لبسترة الحليب بالطاقة الشمسية ودراسة كفاءة . رسالة ماجستير ، كلية الزراعة ، جامعة البصرة ، 167 صفحة .
- [29] مشعل ، عباس عبدالحسين (2010) . تصميم منظومة تبريد تبخيري امتزازي لتبريد مساكن الدواجن مزودة بمزيل رطوبة شمسي وتأثيرها على الأداء الإنتاجي لفروج اللحم . رسالة ماجستير ، كلية الزراعة، جامعة البصرة ، 174 صفحة .
- [30]Sengar, S. H.; Khandetod, Y. P. and Mohod, A. G. (2009). Low cost solar dryer for fish. *African Journal of Environmental Science and Technology*,3 (9): 265-271.

Design and manufacturing of a vacuum solar dryer for fish and study its efficiency Part 1

Asaad R.S.AL-Hilphy Sabah M. H. Al-Shatty Abdulridha A.Gahffr
Food Sciences Dept. – Agric. College – Basrah Uvniversity – Basrah - Iraq

Abstract

A vacuum solar dryer was manufactured and tested in the fish drying. Its consist of a black cylindrical drying chamber provided with hooks used to hanging fish in the cylinder was placed in the wood box having insulate, glass was putted on the top surface of wood box. Drying chamber, also provided with vacuum pump and temperature gauge and solar cell to production electricity energy to operate vacuum pump and temperature gauge. Intensity of solar radiation, temperature, air relative humidity, a practical and theoretical moisture content, moisture diffusion, drying rate and constant,

The study was carried out on February 2012 in Agriculture College, Basrah University was by drying, fresh fish (*Cypriuns carpio*) which were purchased from local market, A part of fish was salted with 2% and the other part without salt.

Result showed the Inten sity of solar radiation was increased with increasing hours day and arrived to maximum value at midday and then reduced .Intensity of solar radiation mean was $765.8w/m^2$. Mean of temperature in the vacuum solar dryer was between $48\pm 1.5 - 50\pm 1.2$ C° the drying in maximum heat load period from 10 am to 2.00 pm ,due to glass covering by 65% in the summer and 40% in the winter . Moisture content for salted and unsalted was significantly reduced($p<0.05$) with increasing drying period, theory results was closed to practical for all drying methods. Drying rate was significantly reduced with reducing moisture content for all drying methods in the salted and unsalted fish. Water activity was significantly increased ($p<0.05$) with increasing moisture content for all drying methods in the salted and unsalted fish. The differences between drying method were not significant. Maximum moisture diffusion was in the salted and unsalted fish which dried by vacuum solar dryer , then vacuum electrical dryer, the differences between salted and unsalted were not significant. Drying constant in the vacuum solar drying was higher than vacuum electrical drying, than natural sun drying. Normalized daily drying efficiency was significantly reduced with increasing drying time. Vacuum solar dryer has higher efficiency in the drying of salted fish. Lewis model was fitted with moisture ratio the vacuum solar dryer, where's Modified Page and Midilli models were fitted to the vacuum electrical dryer and natural sun drying.

Key words : vacuum solar dryer, fish , natural sun drying.