

تصميم مجفف شمسي مزود بمنظومتي الراجع والتسخين واختباره في تجفيف الاسماك واللحوم

غياث حميد مجيد و اسعد رحمن الحلفي*

قسم علوم الاغذية والتقانات الاحيائية - كلية الزراعة - جامعة البصرة - العراق

ghmajeed@yahoo.com * asaadrehman@yahoo.com

ISSN-1817-2695

(الاستلام 2007/4/9 ، القبول 2007/5/31)

الخلاصة

تم تصميم مجفف شمسي للأسماك واللحوم سعته 25 كغم يتكون من مجمع شمسي ذي صفيحة امتصاص مزلعة ابعادها 1*0.5 م وغرفة تجفيف تحتوي على عشرة اطباق وأنبوب بلاستيكي ينقل الهواء المحمل بالرطوبة الى مقدمة المجمع الشمسي وطباخ نفطي صغير اسفل غرفة التجفيف .
اظهرت النتائج امكانية استعمال المجفف الشمسي في فصلي الصيف والشتاء وكذلك في الايام الغائمة والممطرة في تجفيف الاسماك واللحوم . كما ان الزمن المستغرق للتجفيف وكفاءة التجفيف ونسبة استرجاع الماء ومعدل التجفيف ومعدل انخفاض الرطوبة باستعمال ذلك المجفف الشمسي كانت اعلى من تلك عند استعمال التجفيف الشمسي الطبيعي .
كما بينت النتائج ان معدل التجفيف للسمك واللحم كان من نوع متعدد المراحل ولكلا طريقتي التجفيف ما عدا السمك في حالة التجفيف الشمسي الطبيعي.

solar drying , drying chamber , drying rate, solar collector

الكلمات المفتاحية:

المقدمة

التجفيف الشمسي الطبيعي هو الطريقة التقليدية المستعملة بشكل واسع لتجفيف الاسماك في العراق . اوضح [1] ان عملية التجفيف الشمسي الطبيعي تعد طريقة بطيئة وتسبب تلوثا للاغذية بالغبار والحشرات والبكتيريا وكذلك تعرضها الى الامطار مما يسبب اعادة ترطيبها وتحتاج بعد ذلك الى اعادة تجفيف ، لذلك فان استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف الاغذية يعمل على تقليل التلف وتحسين نوعية الاغذية المجففة .
ان عملية تجفيف وتمليح الاسماك تعد اساسية لثباتية الاسماك المجففة والمملحة وهذه العملية تؤدي الى تقليل النشاط المائي للحم والسمك، وان اضافة الملح اليه يغير حالة البروتينات والانزيمات ويقلل نمو البكتيريا والتلف البكتيري باستثناء بكتريا holophilic لأنها لاتعيش عند التراكيز الملحية فوق 12% على اساس رطب[2]
ان التجفيف السريع للأسماك المملحة عند درجات الحرارة العالية يؤدي الى طبخ وحرق الاسماك اويسبب التصلب السطحي نتيجة تكوين قشرة ملحية عند السطح كذلك فان معدل التجفيف البطيء يزيد من مخاطر التلف نتيجة لوجود البكتيريا وهذه الحالة تحصل عند التجفيف الشمسي الطبيعي [3].
بشكل عام فان ظروف التجفيف لانواع مختلفة من الاسماك المملحة يجب ان تكون مثالية لتعطي منتجا ذا نوعية عالية خلال زمن قصير اذ يكون الهواء عند درجة حرارة 27 °م ورطوبة نسبية تتراوح من 45 - 55 % وسرعة هواء تتراوح من 1 - 2 م / ثا [4].

ان درجات الحرارة المرتفعة بين 40 - 50 °م ورطوبة نسبية من 50 - 55 % تستعمل لانواع الاسماك الاستوائية [5] [اوصى ولف] [6] ان درجة الحرارة الملائمة لتجفيف اللحوم والاسماك تتراوح من 60 - 150 °م بينما اوصى [7] ان درجة حرارة التجفيف يجب ان لاتزيد عن 54.4 °م
صمم كل من [8] و [9] مجففات شمسية مباشرة تشبه البيوت البلاستيكية كبيرة الحجم وتعلق الاسماك في داخلها وتعرض الى اشعة الشمس المباشرة لغرض التجفيف . وجد [1] ان ثابت التجفيف عند المعدل الثابت للسمك هو 0.014 سا⁻¹ و 0.009 سا⁻¹ عند المعدل المتناقص باستعمال مجفف شمسي مختلط ووصلت كفاءة التجفيف فيه الى 22% .
وصمم [10] مجفف شمسي هجين للأسماك في الفلبين يعمل بالطاقة الشمسية ويستعمل بقايا النباتات وذلك بحرقها والاستفادة من طاقتها في تسخين الهواء ، ووجد ان المحتوى الرطوبي لها قد انخفض مع زيادة زمن التجفيف ، اذ تطلب زمن مقداره 36 ساعة للوصول الى رطوبة مقدارها 20 % بالمجفف الهجين والى 28 % بالتجفيف الشمسي الطبيعي .
كما وجد [3] ان رطوبة اسماك القرش المملحة وغير المملحة المجففة بالمجفف الكهربائي قد انخفضت مع زيادة زمن التجفيف وكان مقدار الانخفاض في الاسماك غير المملحة اعلى منه في الاسماك المملحة . ان المجففات المصممة لتجفيف الاسماك واللحوم مثل المجففات المباشرة والمختلطة فان الاسماك او اللحوم تتعرض فيها الى اشعة الشمس

المباشرة وهذا غير مرغوب فيه اذ يؤدي الى خفض النوعية ورداءة اللون كما ان المجففات الشمسية الهجينة التي تعتمد على حرق بقايا النباتات تؤدي الى تلوث البيئة بالدخان الكثيف وتحتاج الى مساحات كبيرة لذلك تم تصميم مجفف شمسي غير مباشر يعمل بالجريان الطبيعي للأسماك واللحوم يمنع تعرضها الى الاشعاع الشمسي المباشر ويعجل رفع درجة الحرارة داخل غرفة التجفيف عند الصباح ويعيد استعمال الهواء المحمل بالرطوبة بعد نزعها منه لرفع كفاءة التجفيف والتعرف على تغيرات انتقال الكتلة مع الزمن والتوصل الى نماذج رياضية لوصفها وحساب الابعاد التصميمية للمجفف الشمسي .

مواد وطرائق العمل

أولاً: تصميم المجفف الشمسي:

تم تصميم مجفف شمسي مزود بمنظومة الراجع ، يميل بزاوية 30 درجة عن الافق سعته 25كغم كما في شكل 1 و 2 ، يتكون من مجمع شمسي ذي صفيحة امتصاص مزلعة بزاوية 60 درجة سوداء اللون ذات خمس قنوات ، طول القناة الواحدة 1 م وعمقها 10 سم ومساحة المجمع الشمسي هي 0.5 م² وحسبت من خلال معرفة الحرارة الكلية المطلوبة لتبخير الرطوبة وطاقة الاشعاع الشمسي المتوفرة ومن معادلة موازنة الطاقة الاتية:

$$F_R = [I_T(\tau\alpha)_e - U_L(T_i - T_{am})]A_c = Q_a \rho_a (T_o - T_i) \dots \dots \dots (1)$$

يمكن حساب معدل الجريان الحجمي من المعادلة الاتية[11]:

$$Q_a = \lambda \left[\frac{w_g (M_i - M_f) / (100 - M_f)}{c_a \rho_a (T_{i1} - T_f)} \right] / t_d \dots \dots \dots (2)$$

افترض [12] ان $T_{am} \approx T_i$ وانبعائية الزجاج (τ) قيمتها 0.85 وكذلك الامتصاصية (α) للاسطح المطلية بطلاء اسود هي 0.95 ، ومعامل الانتزاع الحراري (F_R) هو 0.7 .
 I_T : طاقة الاشعاع الشمسي (واط/م²) وقيست بواسطة جهاز البايرونوميتر من نوع CM11 صنع شركة Kipp & Zonen, Holand .

- U_L : معامل الفقدان الحراري الكلي (واط/م² .م⁰)
 - T_i : درجة حرارة الهواء الداخل الى المجمع الشمسي (م⁰)
 - T_{am} : درجة حرارة الجو (م⁰)
 - T_o : درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي (م⁰)
 - A_c : مساحة المجمع الشمسي (م²)
 - Q_a : معدل الجريان الحجمي للهواء (م³/سا)
 - ρ_a : كثافة الهواء (كغم/م³)
 - w_g : وزن الغذاء الرطب (كغم)
 - M_i : المحتوى الرطوبي الاولي للغذاء (%)
 - M_f : المحتوى الرطوبي النهائي للغذاء (%)
 - c_a : الحرارة النوعية للغذاء (جول/كغم .كلفن)
 - t_d : زمن التجفيف (سا)
 - T_{i1} : درجة حرارة الهواء تحت صينية التجفيف (م⁰)
 - T_f : درجة حرارة الهواء فوق صينية التجفيف م⁰ . ويمكن حسابها من معرفة الاثنائي والرطوبة عند تلك المنطقة
 - λ : الحرارة الكامنة لتبخير الماء (جول/كغم)
- وعليه تكون مساحة المجمع الشمسي A_c كالآتي:

$$A_c = \frac{Q_a \rho_a C_a (T_o - T_{am})}{0.57 I_T} \dots \dots \dots (3)$$

تم عزل المجمع الشمسي من الاسفل بواسطة نشارة الخشب سمك 5سم ومن الجوانب بنصف السمك ، يحتوي المجمع على مجرى لدخول الهواء وآخر لخروجه الى غرفة التجفيف ، ومغطى بواسطة غطاء زجاجي سمك 0.4 سم . تتكون غرفة التجفيف من ثلاثة جدران وباب مكون من صفائح خشبية سمك 0.4 سم خارجية وداخلية تفصل بينهما فجوة هوائية سمكها 1.25 سم ، وتحتوي ايضا على اطباق عددها 10 ابعاد الواحد منها 45 * 35 سم² زودت غرفة التجفيف بأنبوب بلاستيكي قطره 5 سم مثبت في اعلى غرفة التجفيف من جانب ومن الجانب الاخر في مقدمة المجمع الشمسي ويدخل فيه بمسافة مقدارها 20 سم ، وظيفة هذا الانبوب هي سحب الهواء المحمل بالرطوبة والساخن من غرفة التجفيف الى المجمع الشمسي اذ هنالك يتم ازالة الرطوبة منه واعادته الى غرفة التجفيف وبذلك يعمل على رفع درجة الحرارة بسرعة خصوصا عند ساعات التشغيل الاولى وكذلك في الايام الباردة وتكون عملية التجفيف شبه مغلقة .

اما عند الايام ذات الحرارة المرتفعة فإنه تستخدم فتحة للتهوية مستطيلة الشكل ذات غطاء منزلق يمكن التحكم بمساحة الفتحة وان استخدامها يؤدي الى توقف عمل الانبوب الراجع تلقائيا ، ويخرج الهواء من فتحة التهوية بسرعة وتنخفض درجة الحرارة في غرفة التجفيف ومساحة هذه الفتحة هي 20*5 سم² .

اما في حالة الايام الغائمة او الممطرة او اثناء الليل فيستعمل طباخ نفطي بسيط معدل استهلاكه للوقود 0.22 (لتر/سا) بوضع اسفل غرفة التجفيف يعمل على تسخين انبوب عمودي عليها مزود بانبوب جانبي ومفتوح داخل غرفة التجفيف التي تكون فتحة تهويتها مفتوحة ويتوقف عمل الانبوب الراجع اذ عند تسخينه فان الهواء الموجود بداخله سوف يسخن ويتمدد وتقل كثافته ويكبر حجمه ويتحرك باتجاه غرفة التجفيف اما الغازات والابخرة الناتجة من حرق النفط فانها لاتدخل الى غرفة التجفيف اذ تنتقل الى الجو مباشرة.
لقد تم حساب مساحة فتحة التهوية: من المعادلة الاتية [11] :

$$A_v = \frac{Q_a}{V_w} \dots \dots \dots (4)$$

A_v : مساحة فتحة التهوية (م²)

V_w : سرعة الرياح (م/ثا)

ثانيا: الحسابات

1-2 حساب معدل وثابت التجفيف:

تستعمل المعادلة الاتية لحساب معدل التجفيف [12] :

$$R_d = \frac{M_{i-1} - M_l}{\Delta t} \dots \dots \dots (5)$$

R_d : معدل التجفيف (كغم ماء/كغم مادة جافة.سا)

M_{i-1} : المحتوى الرطوبي عند زمن معين (كغم ماء/كغم مادة جافة.)

M_l : المحتوى الرطوبي المراد الوصول اليه (كغم ماء/كغم مادة جافة.)

Δt : التغير في الزمن (سا)

اشار الطائي [13] الى ان خلال عملية التجفيف بالهواء فان الماء يتبخر من سطح السمك وفي الوقت نفسه يتحرك الماء ومن اعماق الطبقات وباتجاه السطح ويحصل التجفيف في حالتين ففي الحالة الاولى يكون سطح السمك رطبا وتعتمد ظروف التجفيف على بعض الظروف الاولى المحيطة بالسمكة مثل سرعة الهواء والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة والمساحة السطحية واذا كانت هذه الظروف ثابتة فان سرعة التجفيف ستكون ثابتة

يطلق على معدل التجفيف في هذه الحالة بالتجفيف بمعدل ثابت ويحسب من العلاقة الاتية [14]

$$\left(\frac{dM}{dt} \right)_c = \frac{M_i - M_c}{t_c} \dots \dots \dots (6)$$

$$t_c = \frac{M_i - M_c}{\left(\frac{dM}{dt} \right)_c} \dots \dots \dots (7)$$

اذا يحسب زمن هذه المرحلة كالآتي:

بعد ازالة الرطوبة ستظهر الحالة الثانية من التجفيف وهي التجفيف بمعدل متناقص اذ تعتمد على سرعة انتقال الرطوبة من السمكة الى السطح فكلما انخفض المحتوى الرطوبي فان سرعة انتقال الماء الى السطح ستتناقص ولذلك فان سرعة التجفيف تصبح بطيئة وتحسب كالآتي [14]

$$-\left(\frac{dM}{dt} \right) = \frac{\left(\frac{dM}{dt} \right)_c M_e}{M} \dots \dots \dots (8)$$

$$\int_{t_c}^t dt = -\frac{M_c}{R_c} \int_{M_c}^{M_e} \frac{dM}{M} \dots \dots \dots (9)$$

$$t_f = \frac{M_c}{\left(\frac{dM}{dt} \right)_c} \ln \left(\frac{M_c}{M_e} \right) \dots \dots \dots (10)$$

اذا يحسب زمن هذه المرحلة كالآتي

$$t = t_c + t_f \dots \dots \dots (11)$$

لذا يصبح الزمن الكلي للتجفيف كالآتي:

$$\frac{dM}{dt} = -k_c (M - M_c) \dots \dots \dots (12)$$

يحسب ثابت التجفيف عند المعدل الثابت كالآتي:

$$\int_{M_o}^M \frac{dM}{M - M_c} = -\int_0^{t_c} k_c dt \dots \dots \dots (13)$$

$$k_c = -\frac{1}{t_c} \ln \left(\frac{M(t) - M_c}{M_o - M_c} \right) \dots \dots \dots (14)$$

وبنفس الطريقة يحسب ثابت التجفيف بمعدل متناقص :

$$k_f = -\frac{1}{t_f} \ln \left(\frac{M(t) - M_e}{M_c - M_e} \right) \dots \dots \dots (15)$$

2-2 حساب كفاءة التجفيف : وتتم باستخدام المعادلة الاتية [15]

$$\eta_d = \frac{w(M_i - M_f)\lambda}{A_c F_R (\tau\alpha) \int_0^t I_T dt} \dots \dots \dots (16)$$

3-2 قياس رطوبة الاغذية :

قيست نسبة الرطوبة في العينات الطازجة بوزنها قبل التجفيف ثم جفت في الفرن المفرغ على درجة حرارة 70 °م لحين ثبات الوزن ، كما قدرت نسبة الرطوبة في الاغذية المجففة في ازمان مختلفة من عملية التجفيف وذلك بقياس الوزن عند كل مدة زمنية وبحسب ماورد في [16]

4-2 قياس درجة الحرارة:

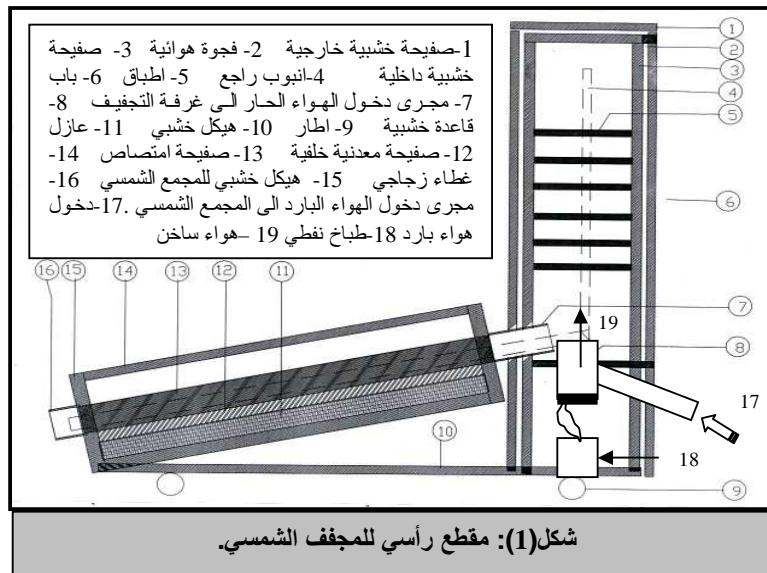
قيست درجة الحرارة بواسطة مزوجات حرارية من نوع نحاس-كونستنتان قطره 0.37 سم المصنع من قبل شركة بولكس الانكليزية .ويوضح ملحق (1) خط معايرة هذه المزوجات الحرارية.

5-2 تجفيف الاغذية:

تم تجفيف كل من السمك نوع السمطي المدهون بالملح [13] ولحم البقر بعد استبعاد الشحم منه وتقطيعه الى شرائح بسمك 0.5 سم [17] ووضع في الشمس على اطباق معدنية مشبكة ، والجزء الاخر وضع في المجفف الشمسي

6-2 التصميم الاحصائي:

استعمل تصميم القطاعات العشوائية الكاملة لتحليل بيانات التجربة واستعمل اختبار اقل فرق معنوي المعدل للمقارنة بين متوسطات المعاملات [18]



النتائج والمناقشة

يلاحظ من الشكل 1 ان اعلى طاقة للاشعاع الشمسي الساقط على السطح الافقي والمائل بزواوية 30 درجة في فصلي الصيف والشتاء كانت عند الساعة الثانية عشرة ظهرا وانخفضت بعدها ، وكانت اعلى في الشتاء وعند الاسطح المائلة بزواوية 30 درجة منها في الصيف وعند الاسطح الافقية . بلغ معدل طاقة الاشعاع الشمسي في فصل الشتاء للاسطح الافقية والمائلة بزواوية 30 درجة 770 ، 868 واط/م² على التوالي اما في فصل الصيف فقد بلغ 754.4 ، 826.6 واط/م² على التوالي وهذه الطاقة كافية لتشغيل المجفف الشمسي .

اما بخصوص درجة الحرارة فيلاحظ من الشكل 1 ان درجة الحرارة في غرفة التجفيف قد ازدادت مع زيادة ساعات النهار ووصلت الى اقصى قيمة لها عند الساعة الواحدة ظهرا ثم انخفضت في فصلي الصيف والشتاء ولزاويتي الميل 0 و 30 درجة للمجمع الشمسي بوجود وعدم وجود راجع وهذا نتيجة لزيادة طاقة الاشعاع الشمسي ثم انخفاضه بعد منتصف النهار . كانت درجة الحرارة في غرفة التجفيف اعلى عند تزويدها بالراجع من حالة عدمه .وعند استعمال الراجع فان الهواء الساخن والمحمل بالرطوبة سوف ينتقل الى المجمع الشمسي ويساهم في رفع درجة حرارته ويفقد رطوبته ثم ينتقل الى غرفة التجفيف مره اخرى وتكون الدورة شبه مغلقة .

يلاحظ من جدول 1 ان طاقة الاشعاع الشمسي غير كافية لتشغيل المجفف الشمسي بسبب ضعف الاشعة الشمسية نتيجة وجود الغيوم والامطار وتم حل هذه المشكلة باستعمال طبخ نطفي بسيط يقوم بتسخين الهواء الموجود داخل انبوب يخترق غرفة التجفيف ومزود بانبوب جانبي لسحب الهواء النظيف والخالي من الغازات ونواتج الاحتراق اذ يتحرك الهواء بصورة طبيعية بداخله وينتقل الى داخل غرفة التجفيف من دون ان تدخل معه نواتج الاحتراق وبذلك يضمن عدم تلوث الغذاء به وظهرت النتائج ان معدل درجة الحرارة فيه هو 66.26 °م وهي درجة مثالية لتجفيف الاغذية .

اظهرت النتائج في الشكل 2 ان رطوبة كل من السمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي قد انخفضت معنويا مع زيادة زمن التجفيف وكان مقدار الانخفاض في حالة تجفيف اللحم اعلى منها في حالة السمك ، وهذا يعود الى ان سمك شرائح اللحم اقل مما في السمك فتكون عملية تبخر الماء منه اسرع ، كما انه تطلب زمنا اقل من السمك عند استعمال طريقتي التجفيف المختلفتين .

كما نلاحظ من الشكل ان مقدار الانخفاض برطوبة كل من السمك واللحم كان اعلى في حالة استعمال المجفف الشمسي منه في حالة استعمال التجفيف الشمسي الطبيعي ، وهذا يعود الى ان السمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي يكونان معزولان عن المحيط الخارجي ولهذا فان التغير في الظروف البيئية لا يؤثر عليه .

يلاحظ من شكل 2 ان معدل التجفيف انخفض معنويا مع انخفاض المحتوى الرطوبي للسمك واللحم المجففين بطريقتي التجفيف المختلفتين ، وهذا بسبب فقدان كتلة الماء من الغذاء الى هواء التجفيف وهذا الفقدان يتناقص مع زيادة زمن التجفيف فمثلا في السمك عند بداية التجفيف والى المحتوى الرطوبي الحرج الذي هو 1.53 (كغم ماء/كغم مادة جافة) يكون الفقدان في الرطوبة ثابت أي ان معدل التجفيف ثابت ومقداره 1.092(كغم ماء/كغم مادة جافة.) وبعد ذلك بدأ الفقدان المتناقص والذي يسمى بمرحلة التبخر المتناقص .

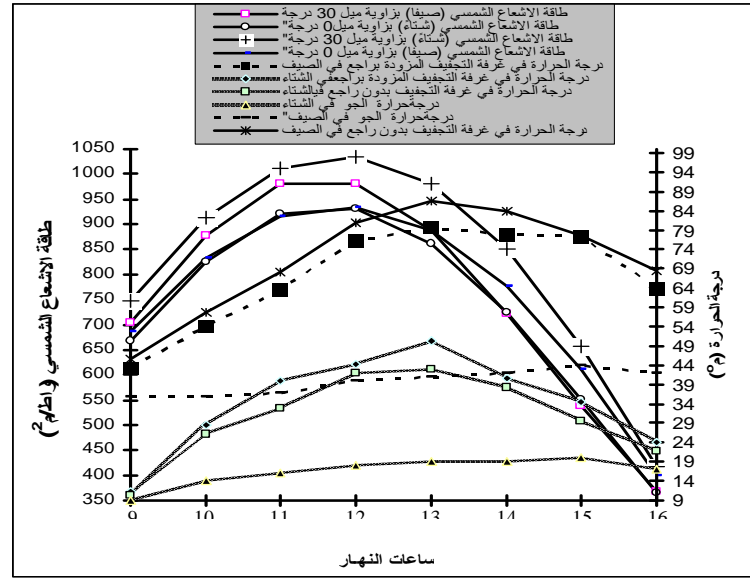
اظهرت النتائج ان معدل التجفيف عند استعمال المجفف الشمسي كان اعلى منه عند استعمال التجفيف الشمسي الطبيعي للسمك واللحم. الا انهما يقتربان عند المحتوى الرطوبي 1.132 (كغم ماء/كغم مادة جافة). والى النهاية ، اذ خلال هذه الفترة تكون الرطوبة قليلة في الغذاء وتثقل عن طريق الخاصية الشعرية الى السطح ويسبب وجود بعض المعوقات مثل الاملاح والعناصر المعدنية وغيرها فانها تعرقل نوعا ما حركة الماء الى السطح .

نلاحظ من الشكلين 4 و 5 اللذين يمثلان تغير الرطوبة الحرة مع زمن التجفيف واللذين من خلالهما يمكن معرفة عدد اجزاء المنحنى المتناقص بشكل دقيق . ان مرحلة التبخر المتنازل بالنسبة للسمك المجفف بالتجفيف الشمسي الطبيعي تتمثل على شكل خط مستقيم بينما في حالة المجفف الشمسي فانها تقسم الى اربعة اجزاء ويقسم الى ثلاثة اقسام في حالة اللحم وعند كلتا طريقتي التجفيف . وان لكل جزء من هذه الاجزاء يوجد ثابت تجفيف خاص به و يمكن ملاحظته من جدول 2 اذ ان ثابت التجفيف لمرحلة التبخر الثابت هو اعلى منه عند جميع مراحل التبخر المتناقص للسمك واللحم المجففين بطريقتي التجفيف المختلفتين بسبب زيادة سرعة انتقال الرطوبة الى سطح الغذاء وهذا يعني انه في تلك المرحلة يبقى سطح المادة الغذائية مشبع بالرطوبة حيث ينتقل الماء من الداخل الى السطح ويتم ذلك بازالة بخار الماء المتكون عبر غشاء الهواء المستعمل للتبخير ويكون في هذه المرحلة مساويا للرطوبة التي ترتفع من المادة الغذائية الى السطح وبنفس المعدل ويتوقف معدل التبخر على معدل انتقال الحرارة للسطح الذي يتم تجفيفه وان معدل انتقال الكتلة يوازي معدل انتقال الحرارة [19] بينما في مرحلة التبخر المتناقص تنخفض سرعة انتقال الرطوبة الى السطح ويبدأ السطح بالجفاف وان الوقت اللازم لاجراء هذه المرحلة هو اكبر من زمن التجفيف بمعدل ثابت .

بينت النتائج ان ثابت التجفيف لمعدل التجفيف الثابت كان اعلى في حالة المجفف الشمسي منه في حالة التجفيف الشمسي الطبيعي فمثلا في حالة تجفيف السمك بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي كان ثابت التجفيف للمعدل الثابت هو 0.326 و 0.267 سا⁻¹ على التوالي . وهذا بسبب ارتفاع درجة الحرارة في المجفف الشمسي مما يؤدي الى سرعة تبخر الرطوبة من الغذاء مقارنة مع التجفيف الشمسي الطبيعي .

وتشير نتائج الجدول الى ان فترة المعدل المتناقص يكون متعدد المراحل في السمك واللحم المجففين بطريقتي التجفيف المختلفتين ماعدا في حالة السمك المجفف بالتجفيف الشمسي الطبيعي فقد كان معدل التجفيف المتناقص يحدث في فترة واحدة فقط . وثابت معدل التجفيف لها هو 0.091 سا⁻¹

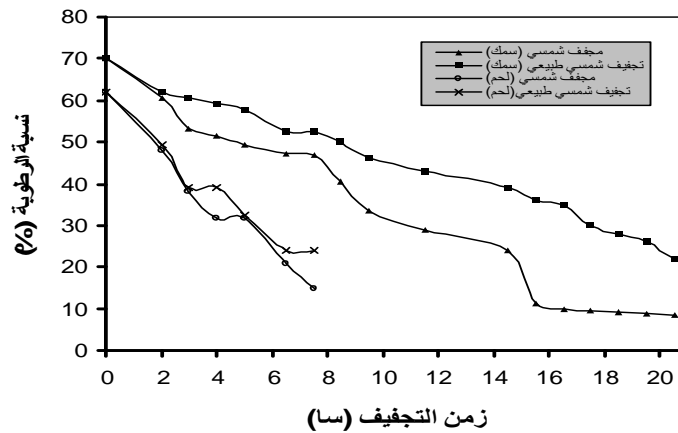
نلاحظ من الشكل 6 ان كفاءة التجفيف انخفضت معنويا مع زيادة زمن التجفيف للسمك واللحم المجففين بطريقتي التجفيف المختلفتين . ونلاحظ ايضا انه بعد مرور ساعة من التجفيف وصلت الكفاءة الى 90 ، 63 % للحم المجفف بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي على التوالي بينما بعد مرور 8 ساعة وصلت كفاءة التجفيف الى 3.85 ، 3.85 % على التوالي . بينما في حالة السمك فقد وصلت الى 62.99 ، 39.76 % على التوالي بعد مرور ساعة ووصلت الى 1.87 ، 1.37 % بعد مرور 20.5 ساعة الا ان الاختلافات كانت بينهما غير معنوية بعد مرور 20.5 ساعة . ان سبب نقصان الكفاءة مع زيادة زمن التجفيف يعود الى بطيء انتقال الرطوبة الى سطح الغذاء مما يتطلب زمنا اكبر وكذلك قلة كمية الماء المتبخر بوحدة الزمن . كما تشير النتائج الى ان كفاءة التجفيف باستعمال المجفف الشمسي كانت اعلى منها عند استعمال طريقة التجفيف الشمسي الطبيعي للسمك واللحم ماعدا في حالة السمك فان الاختلافات كانت صغيرة . نلاحظ من الشكل 7 ان نسبة استرجاع الماء للسمك واللحم كانت اعلى باستعمال المجفف الشمسي منه عند استعمال طريقة التجفيف الشمسي الطبيعي فقد وصلت نسبة استرجاع الماء للحم والسمك المجففين بالمجفف الشمسي الى 1.52 ، 2.75 (كغم ماء/كغم مادة جافة) . على التوالي بعد مرور 110 دقيقة بينما في حالة التجفيف الشمسي الطبيعي كانت 1.28 ، 1.66 (كغم ماء/كغم مادة جافة) . على التوالي عند الزمن نفسه . وهذا يعود الى انه في حالة التجفيف الشمسي الطبيعي فان سطح الغذاء يتعرض الى تركيز اشعة الشمس المباشرة فترتفع درجة حرارته بصورة كبيرة في منطقة السطح مما يؤدي الى تصلب الطبقة السطحية وكذلك تغير الظروف البيئية من درجة حرارة ورطوبة ورياح كل هذه العوامل جاءت مجتمعة لتجعل نسبة استرجاع الماء منخفضة بسبب تآثر البروتين سلبا بها وكذلك بقاء كمية من الرطوبة بداخل الغذاء مما يجعل امتصاصه للماء ضعيف .



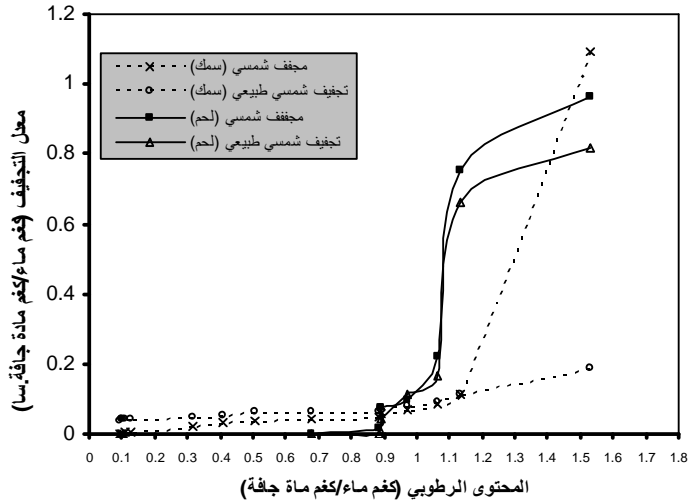
شكل(1): طاقة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في الجو وفي غرفة التجفيف خلال فصلي الصيف والشتاء

جدول(1): طاقة الاشعاع الشمسي و درجة حرارة الجو وغرفة التجفيف في يوم غائم ويوم ممطر عند استعمال طباخ نفطي لاجراء عملية التجفيف

ساعات النهار	درجة حرارة اليوم °	درجة حرارة غرفة التجفيف م°	طاقة الاشعاع الشمسي واطم ²
9	9	40	40
10	10	70	45
11	10	70	67
12	10	70	90
13	10	70	80
14	10	70	65
15	11	70	81
المعدل	9.875	66.25	66.85



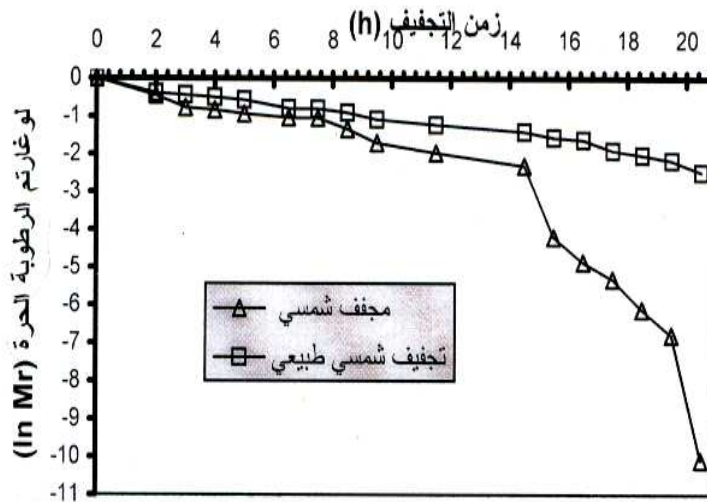
شكل (2): العلاقة بين زمن التجفيف ونسبة الرطوبة للسمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي.



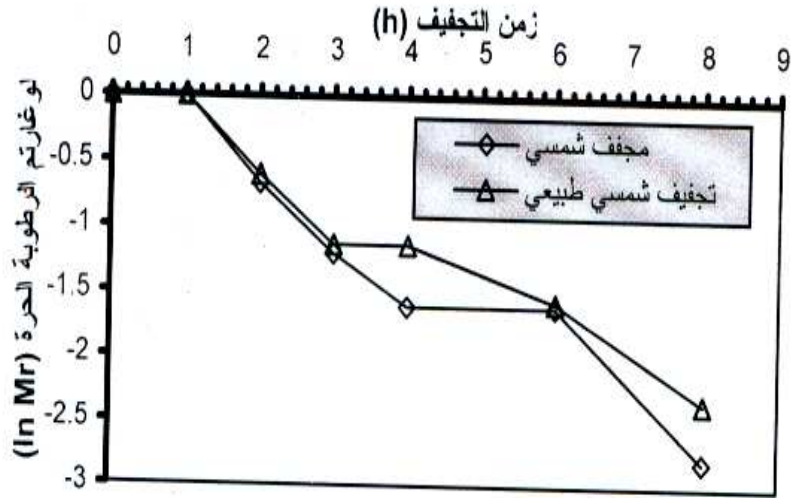
شكل (3): العلاقة بين المحتوى الرطوبي ومعدل التجفيف للسمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي

جدول (2) : ثابت التجفيف في مرحلتى التبخر الثابت (kc) والمتنازل (kf) للسمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي.

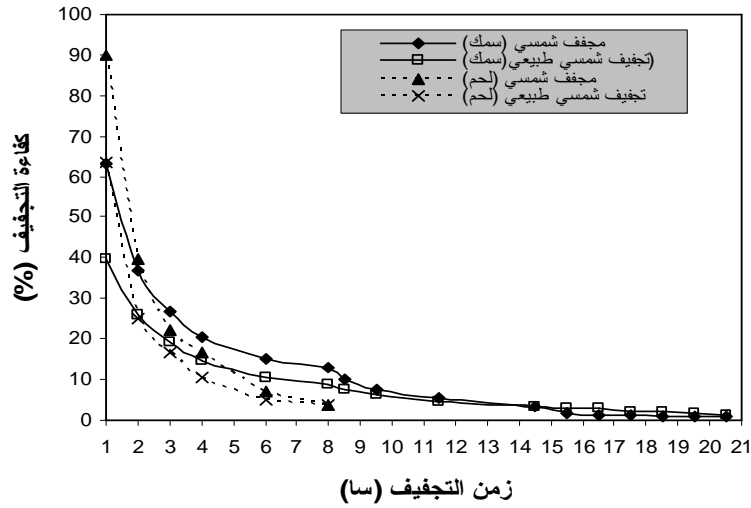
لحم		سمك		ثابت التجفيف
تجفيف شمسي طبيعي	مجفف شمسي	تجفيف شمسي طبيعي	مجفف شمسي	
0.99876	0.823000	0.267238	0.326474	kc
0.716083	0.389486	0.091566	0.081437	Kf1
0.352296	0.240044	.....	0.112302	Kf2
0.369867	0.251997	.....	0.23857	Kf3
.....	.....	.....	0.313249867	Kf4



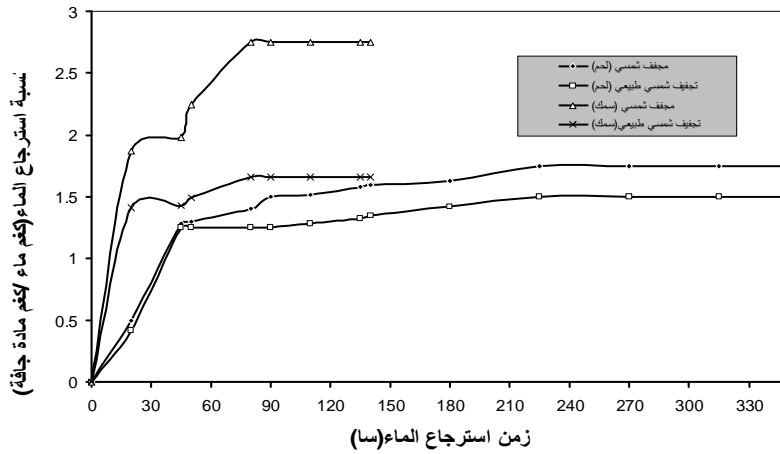
شكل (4): العلاقة بين زمن التجفيف ولو غارتم الرطوبة الحرة للسمك المجفف بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي



شكل (5): العلاقة بين زمن التجفيف ولو غارتم الرطوبة الحرة للحم المجفف بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي



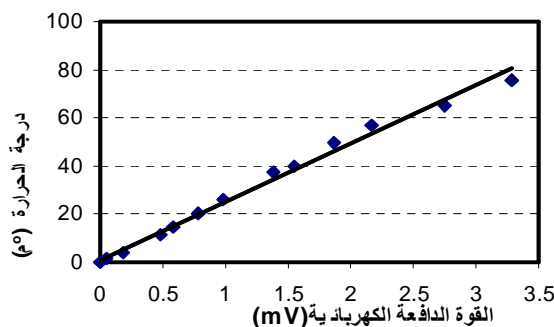
شكل (6): العلاقة بين زمن التجفيف وكفاءة التجفيف للسمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي



شكل (7): العلاقة بين زمن استرجاع الماء ونسبة استرجاع الماء للسمك واللحم المجففين بالمجفف الشمسي والتجفيف الشمسي الطبيعي

الاستنتاجات

- 1- الطاقة الشمسية المتوفرة في مدينة البصرة كافية لتشغيل المجفف الشمسي.
- 2- إمكانية تشغيل المجفف الشمسي الحالي في الأيام الملمطرة والغائمة من دون الحاجة إلى الطاقة الكهربائية.
- 3- هذا المجفف كفوء في تجفيف الأسماك واللحوم.
- 4- يمكن استعادة الهواء العادم والمحمل بالرطوبة إلى المجفف والاستفادة من طاقته.
- 5- المجفف الشمسي يعطي منتج ذو مواصفات نوعية أفضل من التجفيف الشمسي الطبيعي التقليدي.
- 6- نسبة استرجاع الماء فيه أفضل من التجفيف الشمسي الطبيعي التقليدي.



ملحق(1): خط معايرة المزدوجات الحرارية.

المصادر

- 1- A. Ayensu & V. Asiedu-Bondzie . Solar & Wind Technology . Vol.3 , No. 4 , pp273-279(1986).
- 2- M.N. Ismail, & Wooton . ASEAN food Journal 7(4):175-183. .(1992).
- 3- S.Mujaffar & C.K. Sankat . The air drying behavior of shirk fillets . Canadian Biosystems Engineering Vol. 47 . (2005)
- 4- J. Waterman. J FAO Fisheries Tech..paper. 160, Roma,Italy:FAO. .(1976).
- 5- L.A. Shah.& McGraw West Idian J.of Eng.30:433-447. (1983).
- 6- R. Wolf .. solar food dryer preserves food for year – Round use . Using solar energy . Emmaus , PA: Rodale press(1981)
- 7- National Technical Information service (NTIS) .. Improved food drying and storage, a training manual. (report No. A360.33) . Washington , Dc:U.S Peace corps(1982)
- 8- A.E. Jail, Fisheries dept.Baniul the Gambia. .(1986).
- 9- N. Diouf. Institute de Tech..alimentaire,Dakar,senegal. .(1984).
- 10- E. Serafica, & R. Del Mundo,. WWW.solar-Biomass. .(2003).
- 11- H.P. Garg. solar food drying . Vol. 3 . In Advances in solar energy Technology , Heating , Agricultural & photovoltaic application of solar energy . D.Reidel publishing Co. : Dordecht , Holand (1987)
- 12- M.A. Basunia. & T. Abe. J.of food Eng.,Great Britain, v.47,pp.295-301. .(2001).
- 13- B.M.A. Amer . Determination of drying rate of fruits as a funmction of the affecting factors under condition suiting solar drying . Ms.c. thesis , Agric. Eng. Dept. , fac. Of Agric. , cairo Univ. Egypt (1999).
- 14- R.P. Singh, & D.R. Heldman. Introduction to food Engineering . Academic press ,Inc., California. . (1993).
- 15- N.A. Vlachos, T.D. Karapantsios . , A.I. Balauksis . , & D. Chassapis . Drying Technology. 20 (5) . pp. 1239-1267 . .(2002).
- 13- الطائي، منير عبود. تكنولوجيا اللحوم والأسماك. مطبعة جامعة البصرة. العراق (1986).
- 16- A.O.A.C. Offimial methode of Analysis of the Association of Official Analytical chemist 14th ed. Published by the Association of Official Analytical chemist s , Arlington , Virginia , 22209 USA . (1984).

17-McWilliams & H. Paine. modern Food Perservation. chapter 1 PP. 1-46.. Plycon Press. U.S.A(1983).

18- الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز ، خلف الله . تصميم وتحليل التجارب الزراعية . مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، العراق . (1980).

19- الدهان، عامر حميد سعيد . هندسة معامل الاغذية والالبان. مطبعة سيما- روتوماكا 77200 ، تورسي ، فرنسا . (1981).

Design Of A solar Dryer Provided With Back And Heating systems And Its Testing In The Drying Of Fishes And meats

Ghyath.H.majeed *Asaad R. AL-Hilphy
Food Sciences. & Biotechnology –Agric. College –Basrah Univ.
, ghmajeed@yahoo.com [*asaadrehman@yahoo.com](mailto:asaadrehman@yahoo.com)

Abstract

A solar dryer was designed for fish and meat drying . Its consist of solar collector with ribbed absorbent plate , its dimensions 1*0.5 m² and drying chamber contains ten beds , plastic pipe that humid air carry to the head of solar collector and small kerosene cooker under drying chamber .The results showed that the solar dryer enable usage in the winter and summer semesters, rainy and cloudy days for drying fishes and meats .The consumption time to drying , drying efficiency , rate of dehydration , drying rate and mean of humidity reducing higher than usage of natural sun drying . And showed the results the drying rate for fish and meat was multi stage for two methods of drying, exception dried fish by natural sun drying. .

Key words :solar drying , drying chamber , drying rate, solar collector