تصميم وتصنيع واختبار مجفف شمسي للأغذية

اسعد رحمن سعيد الحلفي * غياث حميد مجيد * قاسم يوسف يعقوب**

*قسم علوم الاغذية والتقانات الاحيائية- كلية الزراعة -جامعة البصرة-العراق
asaadrehman@yahoo.com, ghmajeed@yahoo.com

**قسم الهندسة الميكانيكية- كلية الهندسة

الخلاصة

تم تصميم وبناء مجفف شمسي للاغذية يتكون من مجمع شمسي ذو صفيحة امتصاص مضلعة ذي جريان طبيعي ويحتوي على ست قنوات يجري فيها الهواء ابعاده 2.4 m* m1 وغرفة تجفيف مصنوعة من الخشب ومعزولة بوساطة مادة الرغوة تحتوي على تسعة اطباق ذات مشبك معدني ابعاد الواحد منها 0.9 m * 0.5 m وطاقته الاستيعابية 50 kg.جمعت البيانات الاختبارية من شهر كانون الثاني ولغاية شهر كانون الاول 2004 وتم قياس كل من درجات الحرارة والرطوبة النسبية للهواء في الجو وفي غرفة التجفيف وأيضا قيست طاقة الاشعاع الشمسي وحساب الطاقة المنتزعة وكفاءة المجمع الشمسي كما تم تجفيف الاغذية في ثلاثة طرائق تجفيف هي المجفف الشمسي المصنع والتجفيف الشمسي الطبيعي والمجفف الكهربائي ونسبة الرطوبة في الاغذية. واظهرت النتائج ان معدل طاقة الاشعاع الشمسي العملية كانت في فصلي الشتاء والصيف 655، 737 W/m^2 على التوالي. وصل اعلى معدل لدرجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي الى 81.5 °C في فصل الصيف اما اقل معدل لها فقد وصل الى 45 °C في فصل الشتاء .وبلغ أقصى معدل للكفاءة العملية 48.92 % في فصل الصيف اما اقل معدل لها فقد بلغ 34.21 % في فصل الشتاء، بلغ أقصى معدل لدرجة الحرارة في غرفة التجفيف 66.8 °C في فصل الصيف واقل معدل لها كان في فصل الشتاء وبلغ32.75 °C

الكلمات المفتاحية:مجفف شمسي ، مجمع شمسي ، تجفيف اغذية

المقـــدمـــة

نظرا لتعرض المواد المجففة بالشمس الى التغيرات والظروف الجويـــة المختلفـــة والتلـــوث بالاحياء المجهرية و الغبار والحشرات مما يؤدي الى خفض قيمتها الغذائية وتحتاج هذه العملية الـــى مساحة كبيرة وزمن طويل نسبيا للتجفيف. نظرا لتلك المساوئ الناتجة عن التجفيف الشمسي الطبيعي فقد عمد الانسان الى التجفيف الصناعي أي استعمال الحرارة المولـــدة لغـــرض التجفيـــف باســـتخدام المجففات الآلية. ان المجففات الالية تمتاز بالسرعة العالية لتجفيف الاغذية الا انها تحتاج الـــى قـــدرة عالية مما يجعل عملية التجفيف مكلفة جدا ، كما انها يحدث فيها تجفيف مفاجيء للمواد الغذائية وهـــذا الامر غير مرغوب فيه كونه يؤدي الى خفض النوعية وعدم تجانس المنتوج المجفف نتيجة تـــصلب الطبقة الخارجية من المادة الغذائية والتي تمنع انتشار عملية التجفيف الى داخلها بشكل تام (5 ، 13) .

إن التجفيف بالطاقة الشمسية هو عبارة عن تقنية الاستفادة من طاقة الاشـــعاع الشمـــسي وذلـــك بتحويلها الى طاقة حرارية باستخدام مجمع شمـــسي (17). صـــنف Ekedukuwa و Norton (7) المجففاتُ التي تعمل بالطاقة الشمسية الى المجففات الشمسية ذات الجريان الطبيعـــي اوذات الجريـــان القسري وهي اما من النوع المباشر وفيها يتعرض الغذاء الى الاشعاع الشمسي المباشر او من النـــوع غير المباشر وفيه الغذاء لايتعرض الى الاشعاع الشمسي ، وهنالك نوع اخر هو المجففات الشمـــسية المختلطة وفيها يتعرض الغذاء الى الاشعاع الشمسي والهواء الساخن بالوقت نفسه ، والنوع الاخير هو المجففات الشمسية الهجينة التي تحتوي على سخانات كهربائية ومراوح تستخدم كمساعد في الصباح او في الليل او في الظروف غير الطبيعية .

وجد Seip (14) في ولاية مشيكان الامريكية في شتاء عام 1999 ان درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي والطاقة المنتزعة وشدة الاشعاع الشمسي ازدادت مع زيادة ساعات النهار ووصـــلت إلى أقصى قيمة لها عند منتصف النهار ثم انخفضت . وجد Colomer واخرون (3) في اســـبانيا ان الكفاءة لمجمع شمسي مائل بزاوية 45^{o} عند شدة اشعاع شمسي مقدارها 700 W/m^2 كانـــت 43.1 % وتهدف الدراسة الحالية الى تصميم وبناء مجفف للأغذية يعتمد على الطاقة الشمسية ، يراعى فـــي التصميم البساطة وسهولة التصنيع وقلة التكلفة وامكانية استخدامه في مختلف المناطق .واختباره فـــي تجفيف الأغذية

التصميم

لحساب الزمن اللازم للتجفيف لابد من حساب معامل انتقال الحرارة h و عدد نسلت و عدد كرا شوف و عدد برا نتل وكالاتي(4):

$$h = Nu\frac{k}{L} \quad \text{.....(1)}$$

$$Nu=2+0.6Gr^{\frac{1}{4}}\,pr^{\frac{1}{3}} \quad \text{.....(2)}$$

$$Gr = \frac{2g(T_d - T_f)L^3\rho^2}{(T_d + T_f)\mu^2} \quad \text{.....(3)}$$

$$Pr = \frac{c_p\mu}{k} \quad \text{.....(4)}$$

Nu : عدد نسلت

h: معامل انتقال الحرارة $(W/m^2.K)$

k: الموصلية الحرارية للهواء $(W/m.K)$

L: سمك المادة الغذائية (m)

Gr: عدد كرانتشوف

Pr: عدد برانتل

T_d :درجة الحرارة داخل غرفة التجفيف (K)

T_f : درجة حرارة المادة الغذائية (K)

g : التعجيل الارضي (m/s^2)

ρ : كثافة الهواء (kg/m^3)

μ : اللزوجة $(N.s/m^2)$

c_p : الحرارة النوعية للهواء $(kJ/kg.K)$

حسب الفيض الحراري heat flux من العلاقة الآتية (15) :

$$q_1 = h\,(T_d - T_f) \quad \text{.....(5)}$$

q_1 : الفيض الحراري (W/m^2)

ان زمن التجفيف يمكن حسابه من العلاقة الآتية (1) :

$$t_1 = \frac{W_s(X_1 - Xc)}{A * N_c} \quad \text{.....(6)}$$

Q_d : الطاقة اللازمة للتجفيف (kJ/s)

W_s :الوزن الجاف للمادة الغذائية (kg)

A : مساحة السطح الرطب المعرض للتجفيف (m^2)

t_1 : زمن التجفيف بمعدل ثابت (s)

X_1 : الرطوبة الابتدائية للمادة الغذائية $(kg\ H_2O/kg\ dry\ solid)$

X_2 : الرطوبة النهائية للمادة الغذائية $(kg\ H_2O/kg\ dry\ solid)$

Xc : الرطوبة الحرجة للمادة الغذائية $(kg\ H_2O/kg\ dry\ solid)$

N_c : معدل التجفيف الحرج $(kg/m^2 s)$

كذلك فان معدل التجفيف الحرج يمكن حسا به من المعادلة الآتية : (2) .

$$Nc = \frac{q_1}{\lambda} \quad \text{.....(7)}$$

λ : الحرارة الكامنة الكلية(kJ)

يحسب الزمن اللازم للتجفيف في مرحلة المعدل المتنازل من المعادلة الآتية (1):

$$t_2 = \frac{W_s (X_C - X_2)}{A(N_c - N_d)} \ln \frac{N_c}{N_d} \quad \text{.....(8)}$$

N_d : معدل التجفيف عند نهاية مرحلة التبخر المتنازل

t_2 زمن التجفيف بمعدل متناقص (s)

اذاً الطاقة اللازمة للتجفيف تساوي مجموع الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة الكلية مقسومة على الزمن الكلي للتجفيف وكالاتي:

$$Q_d = \frac{W[[(0.008\ R) + 0.2] \times 4.18\ (T_d - T_f) + 2251.76\ (x_1 - x_2)]}{t_1 + t_2} \quad \text{.....(9)}$$

W : الوزن الرطب للمادة الغذائية (kg)

X_2 : النسبة المؤية للرطوبة النهائية للمادة الغذائية (%)

Q_d : كمية الحرارة المطلوبة للتجفيف لوحدة الزمن(kJ/s)

R : وزن الماء في المادة الغذائية

حساب شدة الإشعاع الشمسي : تم الاعتماد على التحليل لكل ساعة وبالطريقة المقدمة من قبل (12):

ان زاوية ارتفاع الشمس هي الزاوية المحصورة بين اتجاه الأشعة الشمسية وخط الافق وتحسب كالاتي

$$\sin\alpha = \cos l \cos\delta \cosh_1 + \sin l \sin\delta \quad \text{.....(10)}$$

α : زاوية ارتفاع الشمس (deg.)

l :خط عرض الموقع (deg.)

δ : الميل الزاوي (deg.)

h_1 : الزاوية الساعية

يحسب الميل الزاوي Declination Angle من المعادلة الآتية:(12)

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{n - 80}{370} \times 360\right) \quad \text{.....(11)}$$

ومن العلاقة الآتية يمكن حساب الوقت الشمسي :(12)

$$ST = Z \pm (O - I) + EQT \quad \text{.....(12)}$$

ST : الوقت الشمسي

Z :الوقت القياسي المحلي

O :خط الطول القياسي المحلي

I : خط الطول المحلي

EQT : مُعادلة الوقت

اما معادلة الوقت فتحسب بالطريقة المقترحة من قبل Lamm (11):

$$EQT = \sum_{k1=0}^{5}(A_k \cos(\frac{2\pi\ k_1 n}{365.25}) + B_k \sin(\frac{2\ \pi\ k_1 n}{365.25}) \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

A_k ,B_k ثوابت

n : رقم اليوم في السنة

تستخرج الزاوية الساعية والتي هي الازاحة للشمس من الظهر من العلاقة الآتية (8):

$$h_1 = 15(12 - ST) \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

ان شدة الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح عمودي على مساره تحسب كالاتي (12):

$$I_{DN} = A\exp(\frac{-B}{\cos\theta_z}) \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

$$I_T = I_{DN} * \left[\cos\theta_1 + C\frac{(1+\cos\beta)}{2} + \rho_1(\sin\alpha + C)\frac{(1-\cos\beta)}{2}\right] \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

A : شدة الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوي(w/m^2)

B : معامل الاضمحلال الجوي

θ_z : زاوية السمت الراسي

ما شدة الأشعة الشمسية الكلية الساقطة على سطح مائل بزاوية مقدارها(β)عن الافق فتساوي :

$$\cos\theta_1 = \cos(1-\beta)\cos\delta\ \cosh_1 + \sin(1-\beta)\ \sin\delta \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

I_{DN}:شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح عمودي على مساره(w/m^2)

I_T : شدة الأشعة الشمسية الكلية الساقطة على سطح مائل (w/m^2)

β: زاوية ميل المجمع الشمسي (deg.)

ρ_1 : الانعكاسية الارضية

θ_1 : زاوية سقوط الإشعاع الشمسي على المجمع الشمسي

الطاقة الممتصة :تحسب بتتبع الخطوات الآتية المبينة من قبل Duffie و Bekman (6) الاتية

تكون الأشعة الشمسية الساقطة على الغطاء الزجاجي غير مستقطبة ، لـذا فـان انعكاسـية المركبـة العمودية r_1 والمركبة الموازية r_2 هي:

$$r_1 = \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)} \quad \ldots\ldots\ldots (18)$$

$$r_2 = \frac{\tan^2(\theta_2 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_2 + \theta_1')} \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

$$r = \frac{(r_1 + r_2)}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (20)$$

θ_2 : زاوية الانكسار للاشعاع النافذ خلال الغطاء الزجاجي عبر الزجاج

ان الانفاذية نسبة الى الامتصاصية فقط هي (18) :

$$\tau_a = e^{\frac{-k_g \times L_g}{\cos\theta_2}} \quad \text{.....(21)}$$

τ_a : الانفاذية نسبة الى الامتصاصية

k_g : معامل الاضمحلال للزجاج

L_g : سمك الزجاج (mm)

يمكن تعيين الانفاذية والانعكاسية والامتصاصية للغطاء الزجاجي المفرد مع ادخال تـــاثير فقـــدان الانعكاس والامتصاص معا . فالمركبة الموازية تحسب مواصفاتها كالاتي (6):

$$\tau_2 = \tau_a\left(\frac{1-r_2}{1+r_2}\right)\left(\frac{1-r_2^2}{1-(r_2\tau_a)^2}\right) \quad \text{.....(22)}$$

$$p_2 = r_2(1+\tau_a\tau_2) \quad \text{.....(23)}$$

$$\alpha_2 = (1-\tau_a)\left(\frac{1-r_2}{1-r_2\tau_a}\right) \quad \text{.....(24)}$$

r_1 : انعكاسية المركبة العمودية

r_2 : انعكاسية المركبة الافقية

τ_2 : المركبة الافقية للانفاذية

p_2 :المركبة الافقية للانعكاسية

α_2 : المركبة الافقية للامتصاصية

وبالطريقة نفسها تحسب مواصفات المركبة العمودية.لذا تحسب المواصفات البصرية للاشـــعة غيـــر المستقطبة من معدل المركبتين

يحسب حاصل الامتصاصية الانفاذية المؤثرمن العلاقة الآتية(6) :

$$(\tau\alpha)_e = \left(\frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)p_d}\right) + (1-\tau_a)\bar{a} \quad \text{.....(25)}$$

τ : معدل المركبتين العمودية والافقية للانفاذية .

α : معدل المركبتين العمودية والافقية للامتصاصية.

p_d : انعكاسية الغطاء الزجاجي للاشعة المنتشرة الساقطة من صفيحة الامتصاص

$(\tau\alpha)_e$: حاصل الامتصاصية الانفاذية المؤثر

$\bar{a}$: نسبة معامل الفقدان الحراري العلوي الى معامل الفقدان الحراري من الغطاء الزجاجي

من معادلة موازنة الطاقة (18):

$$Q_u = Q_d \quad \text{.....(26)}$$

Q_u : الطاقة المنتزعة (W)

ومن معادلة Hottel_Whillier_Bliss يمكن حساب الطاقة المفيدة الحقيقية :

$$Q_u = A_c\, F_R\left[I_T(\tau\alpha)_e - U_L(T_i - T_a)\right] \quad \text{.....(27)}$$

F_R : معامل الانتزاع الحراري

U_L : معامل الفقدان الحراري الكلي $\left(W/m^{2\circ}C\right)$

T_a : درجة حرارة الجو $(^\circ C)$

A_c : مساحة المجمع الشمسي (m^2)

T_o : درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي $(^\circ C)$

T_i : درجة حرارة الهواء الداخل الى المجمع الشمسي $(^\circ C)$

وبتعويض المعادلة (9) والمعادلة (27) في معادلة موازنة الطاقة واستخراج قيمة المساحة ينتج :

$$A_c = \frac{W\left[\left[(0.0\,0\,8\,R)+0.2\right]\times 4.18(T_a - T_f) + 2251.76(x_1 - x_2)\right]}{t\left[F_R\left[I_T(\tau\alpha)_e - U_L(T_i - T_a)\right]\right]} \quad \text{.....(28)}$$

t :الزمن الكلي للتجفيف (s)

ولاجل تسهيل حساب المساحة للمجمعات الشمسية افترض Vlachose واخرون (17) ان: $T_i \approx T_a$ووجد Garg (9) ان قيمة F_R للمجمعات الشمسية هي حوالي 0. 7.

الكفاءة يمكن حسابها من خلال قسمةالمعادلة 34 على شدة الإشعاع الشمسي ومساحة المجمع الشمسي (16) :

$$\eta = F_R\left[(\tau\alpha)_e - \frac{U_L(T_i - T_a)}{I_T}\right] \quad \text{.....(29)}$$,

η : الكفاءة (%)

مواد وطرائق العمل

المجفف الشمسي : ويتكون من الأجزاء الآتية وكما موضح في شكل 1 :

المجمع الشمسي: تم حساب مساحتة اعتمادا على المعادلة (28) ومقدارها 2.4 m^2 اللازمة لتجفيف 50 kg من الاغذية الطازجة يتكون من هيكل خشبي(22) بطول2.4 m وعرض 1.05 m وسمك 0.025 m ، وعمق هذا الهيكل هو 0.28 m. يحتوي على عازل (7) من نوع الرغوة وبلغ سمك العزل الخلفي 0.05 m ، والعزل من الجوانب 0.025 m ، ويحتوي الهيكل الخشبي على صفيحة الامتصاص وهي من النوع المضلع بزاوية مقدارها 55°، وان سمك معدن الصفيحة (5) 0.002 m وطولها2.4 m . مثبتة باحكام على صفيحة خلفية (6) مصنوعة من المعدن نفسه ابعادها 1 m * 2.4 وقد اعطى هذا التشكيل ستة مجاري للهواء ، وبلغ عمق كل مجرى 0.12 m ..قيمة الامتصاصية لصفيحة الامتصاص السوداء هي 0.98 وقيمة الانبعاثية هي 0.95.ويحتوي ايضا على غطاء زجاجي (4) سمكه0.004 m تركت فجوة هوائية ساكنة بين صفيحة الامتصاص والغطاء الزجاجي سمكها 0.05 m

غرفة التجفيف : طاقتها الاستيعابية 50 kg من الاغذية الطازجةمصنوعة من الخشب ومعزولة بواسطة مادة الرغوة مثبتة على هيكل حديدي. و.تحتوي على اطباق مشبكة عددها تسعة ابعاد كل طبق 0.9 * 0.5 m ومثبت عليها من الاسفل مشبك مصنوع من الحديد المقاوم للصدأ

استخدم انبوبان بلاستيكيان (10) لغرض نقل الهواء الحار من المجمع الشمسي الى غرفة التجفيف .

تمت مقارنة نتائج تجفيف المشمش والباميا بالمجفف الشمسي مع المجفف الكهربائي صنع شركة Gallenkam الانكليزية قدرته 2070 W وطريقةالتجفيف الشمسي الطبيعي.

قيست درجة الحرارة باستخدام محارير زئبقية ومزدوجات حرارية من نوع نحاس-كونستنتان. ومن صنع شركة بولكس الانكليزية..

تم قياس شدة الاشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع الشمسي بوساطة جهاز بايرانوميتر من نوع CM11 صنع شركة Kipp & Zonen , Holland .

تم قياس رطوبة الهواء الداخل الى غرفة التجفيف بوساطة جهاز Hygrograph من نوع 211460 صنع شركة Ogawa Seiki Co.

حسبت الطاقة المنتزعة العملية من العلاقة الآتية(10):

$$q_{ua} = GC_p(T_o - T_i) \quad \text{.....(30)}$$

q_{ua} : الطاقة المنتزعة العملية (W/m^2))

C_p : الحرارة النوعية للهواء($kJ/kg\,K$)

G :الجريان الكتلي للهواء($kg/m^2 s$)

وحسبت كفاءة المجمع الشمسي العملية من العلاقة الآتية (16):

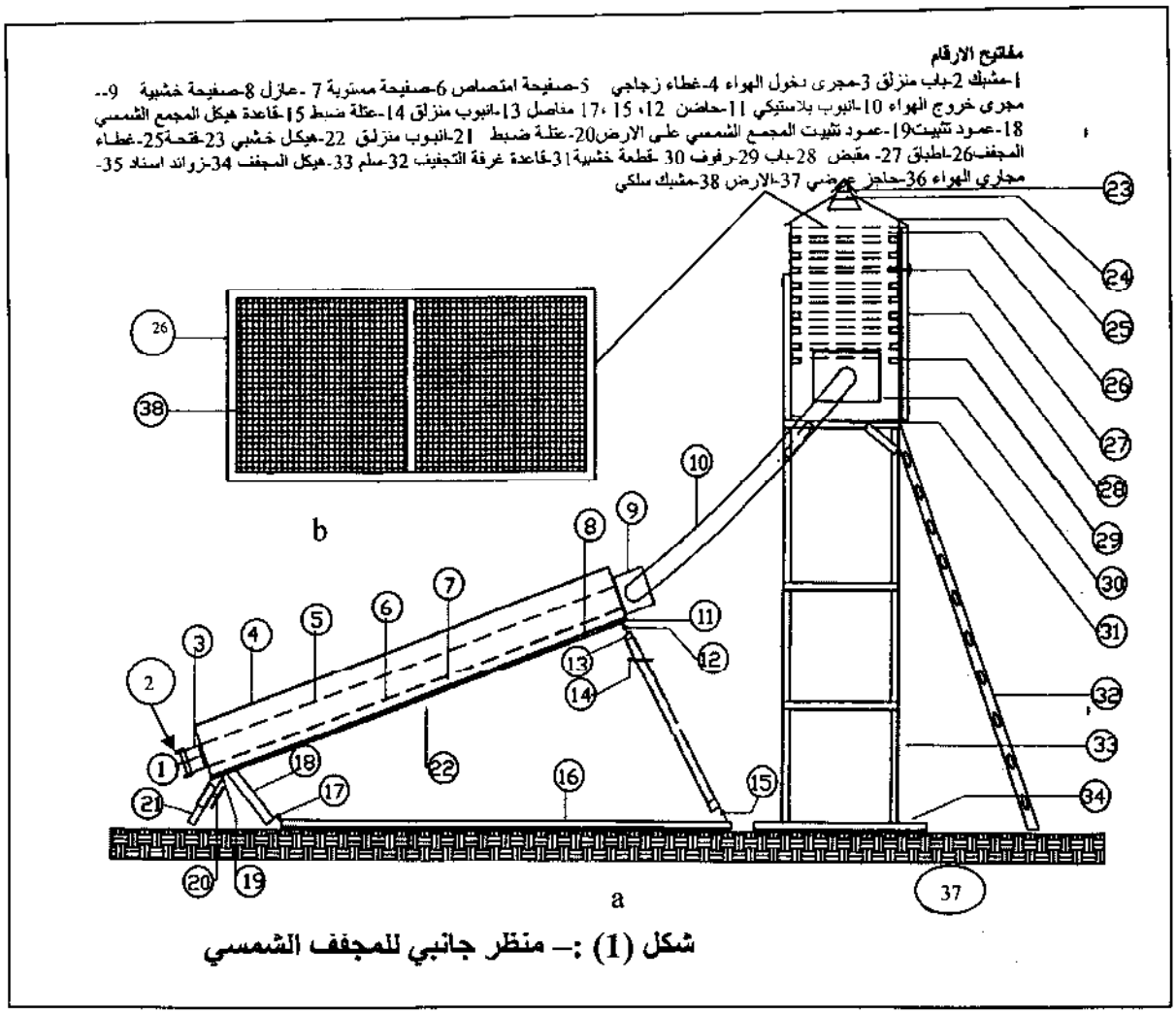
$$\eta_a = q_{ua}/I_{Ta} \quad \text{.....(31)}$$

I_{Ta} : شدة الاشعاع الشمسي العملية(W/m^2)

η_a : الكفاءة العملية (%)

تم استعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في تجربة عاملية ذات عاملين (2*9) هي (تسع ساعات يوميا * فصلي الصيف والشتاء) للنتائج النظرية والعملية كل على حده .

تم استعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في تجربة عاملية ذات عاملين (3*13) هما (ثلاثة عشر زمنا للتجفيف *ثلاث طرائق تجفيف) لكل نوع من الغذاء . حللت النتائج احصائيا للمعاملات باستخدام برنامج (minitab 1996)



شكل (1) :– منظر جانبي للمجفف الشمسي

النتائج والمناقشة

يلاحظ من شكل(1 و 2 و 3)ان طاقة الإشعاع الشمسي والطاقة المنتزعة النظرية والعملية و درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي ازدادت مع زيادة ساعات النهار ووصلت الى أقصى قيمة لها عند منتصف النهار ثم انخفضت حتى وصلت الى اقل قيمة لها عند الساعة الرابعة عصرا لفصلي الشتاء والصيف من عام (2004) يعود السبب في زيادة درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي مع زيادة ساعات النهار الى زياد الفرق بين درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي والداخل اليه والطاقة الممتصة مع زيادة ساعات النهاروزيادة الطاقة المنتزعة والتي تتأثر بصورة مباشرة بطاقة الاشعاع الشمسي وهذا يتفق مع ماتوصل اليه Seip (14) الذي وجد بان درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي والطاقة المنتزعة وشدة الاشعاع الشمسي ازدادت مع زيادة ساعات النهار ووصلت إلى أقصى قيمة لها عند منتصف النهار ثم انخفضت

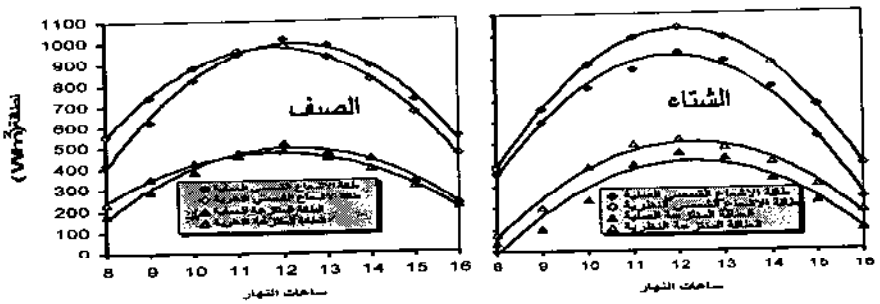
كما اظهرت النتائج ان طاقة الإشعاع الشمسي والطاقة المنتزعة النظرية والعملية و درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي كانت في فصل الصيف اعلى منها في فصل الشتاء.

ان درجة الحرارة في غرفة التجفيف قد ازدادت مع زيادة ساعات النهار ووصلت الى أقصى قيمة لها عند الساعة الثانية بعد الظهر ثم بعد ذلك انخفضت حتى وصلت الى اقل قيمة لها عند الساعة الرابعة عصرا ولفصلي الشتاء والصيف من عام(2004). ويعزى هذا إلى استمرار انتقال الحرارة الى غرفة التجفيف المعزولة عن المحيط الخارجي وارتفاع درجة الحرارة بداخلها عند الساعة الثانية والثالثة بعد الظهر نتيجة لبقاء صفيحة الامتصاص ساخنة عند هاتين الساعتين اذ تزداد درجة حرارة غرفة التجفيف بسبب حدوث حالة التجميع الحراري فيها .

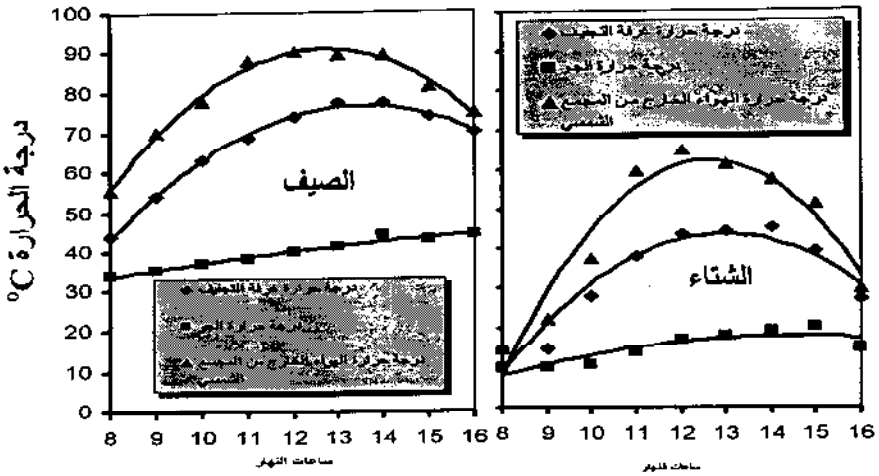
يلاحظ من شكل(3)ان الكفاءة النظرية والعملية تزداد مع زيادة ساعات النهار ووصلت الى أقصى قيمة لها عند الساعة الثانية عشر ظهراثم انخفضت. وهذا يعود الى التاثيرات المتعاكسة بين تاثير الفقدان الحراري وتاثير حاصل الانفاذية الامتصاصية ، اذ يزداد الفقدان الحراري كلما ازدادت درجة حرارة صفيحة الامتصاص ولهذا فان أقصى فقدان حراري كلي يحدث عند منتصف النهار لان أقصى شدة اشعاع شمسي تصل عندها كما ان هذه الكفاءة كانت مقاربة الى النتائج التي حصل عليها Colomer (3) في اسبانيا اذ بلغت 43.1 % لمجمع شمسي مائل بزاوية 45 درجة.

اما الرطوبة النسبية في غرفة التجفيف فقد لوحظ في الشكل 4 الذي يبين الرطوبة النسبية في غرفة التجفيف والجو خلال ساعات النهار ولفصلي الشتاء والصيف من عام 2004 ان الرطوبة النسبية في غرفة التُجفيف والجو انخفضت مع زيادة ساعات النهار. الا انها في الجو ازدادت عند الساعة الرابعة عصرا . وهذا يعود الىارتفاع درجة الحرارة في غرفة التجفيف والجو مع زيادة ساعات النهار مما ادى الى انخفاض الرطوبة النسبية .كما يعود السبب في زيادة الرطوبة النسبية عند الساعة الرابعة عصرا في الجو الى انخفاض درجة حرارة الجو وانخفاض طاقة الإشعاع الشمسي بشكل كبير .

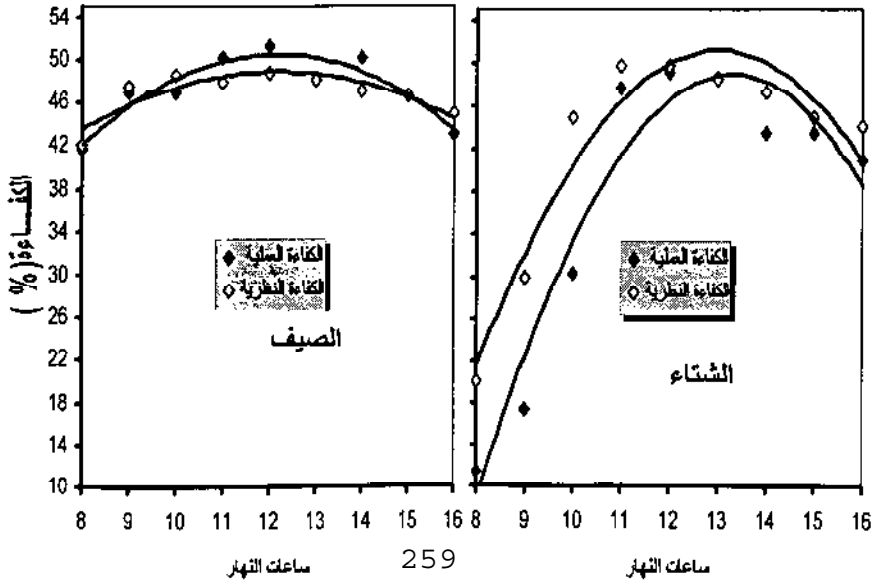
كما نلاحظ من الأشكال ان مقدار الرطوبة النسبية في غرفة التجفيف هي اقل بكثير منها في الجو وهذا بسبب ارتفاع درجة الحرارة في غرفة التجفيف وزيادة حركة الهواء فيها مما أدى إلى خروج بخار الماء من الفتحة العلوية لغرفة التجفيف . ونلاحظ من الأشكال ايضا ان الاختلافات بين الرطوبة النسبية في الجو وفي غرفة التجفيف ازدادت مع زيادة ساعات النهار وهذا يتفق مع ماتوصل اليه Vlachos واخرون (17) الذين وجدوا ان الرطوبة النسبية في غرفة التجفيف قد انخفضت مع زيادة ساعات النهار لمجفف شمسي قسري.



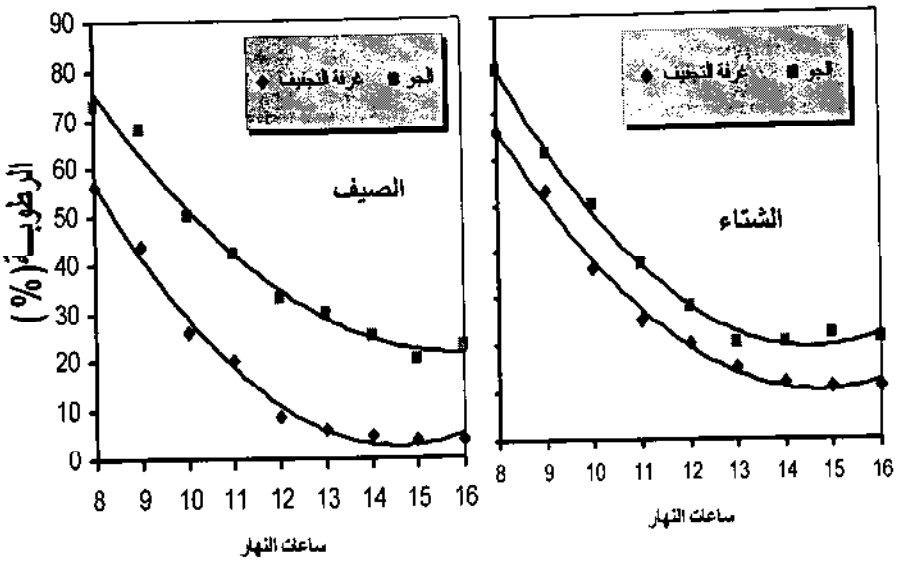
شكل(1):معدل طاقة الاشعاع الشمسي والطاقةالمنتزعة خلال فصلي الشتاء والصيف من عام2004.



شكل(2): معدل درجة الحراة في غرفة التجفيف والجو وللهواءالحارج من المجع الشمسي خلال فصلي الشتاء والصيف لعام 2004.



شكل(3): معدل الكفاءة النظرية والعمليةخلال فصلي الشتاء والصيف لعام 2004



شكل(4): معدل الرطوبة النسبية في الجو وفي غرفة التجفيف خلال فصلي الشتاء والصيف لعام 2004

المصادر

1- اسماعيل ، عزام عبد العزيز وهادي ، هادي محمد وجبار ، عبد الكريم علي (1992) . تشغيل الوحدات الحرارية . هيئة المعاهد الفنية .

2- ايرل ، ار، ال (2000). العمليات المتكاملة في التصنيع الغذائي . ترجمة حوباني ، علي ابراهيم وحسن ، بكري حسين . مطابع جامعة الملك سعود . السعودية

3-Colomer , G. , Cadafalch , J. & Costa , M. (2002) . Numerical study of a solar collectors. FIER . Tetouan-Moroc.

4-Coulson , Rechardson , Back , H. & Harker . (1978) . Chemical Engineering . Vol. 2 , 3d ed. Pergamon press Oxford . New York .

5-David , E. W. V. (2000) .Solar dryer systems and the internet : important resources to improve food preparation . International conference onsolar cooking . Kimberly-South Africa , 26^{th} –29^{th} , Novomber .

6-Duffie , J.A. & Beckman , W.A. (1980) . Solar Engineering of thermal processes , Willey – Interscience , New York .

7-Ekedukuwa , O. V. & Norton , B. (1999) . Review of solar energy drying system II .An over view of solar drying technology – energy conservation and management . (3) : 615-655 .

8-Farber , E.A. & Morrison , A.C. (1977) . Clear – Dry design values. In applications of solar energy , for heating and cooling of buildings , edited by Jordan , I.C. & Liu , B.Y.H. , ASHRAE , GRP 170 .

9-Garg ,H.P. (1987) . Solar food drying . Vol. 3 . In Advances in solar energy Technology , Heating ,

10-Holman , J.P. (1976) . Heat transfer. 4^{th} ed. Mc Graw-Hill Kogakusha , LTD

11-Lamm , L.O. (1980) . Anew expression for the equation of time . Solar Energy . (26): 465 .

12-Lunde , P. J. (1980) .Solar thermal engineering . Willey , New York .
13- Scanlin , D. (1997) . Design, construction, and use of an indirect, through – pass , solar food dryer . Home power #57 .
14-Seip , R. (1999) . Experiments with solar hot air collectors Home power # 72
15-Stanislaw , P. , Digvir , S.J. , Stefan , C. (1998) . Grain Drying. John Willey & sons , Inc. pp. 303 .
16-Vaxman , M.& Sokolov , M. (1985) . Analysis of afree flow solar collector. Solar Energy. (35) :3 .
17-Vlachos , N.A. , Karapantsios , T.D. , Balauktsis , A.I. , & Chassapis , D.(2002) . Drying technology. 20 (5) : 1239-1267 .
18-Whillier , A. (1976) . Prediction of performance of solar collectors. In application of solar energy for heating and cooling of buildings . Ed. Jordan , R.C. & Liu , ASHRAE , GRP 170 .

Basrah J. Agric.Sci.,21 (Special issue) 2008

Designing, Manufacturing and Testing Food Solar Dryer

Asaad R.S. A-Hilphy* Ghyath H. Majeed* Kassem Y. Yaqoop**
**Food Scinces & Biotechnology Dept. _ Agric. College – Basrah Univ. Basrah- Iraq*
asaadrehman@yahoo.com ghmajeed@yahoo.com ,
***Mech. Engin. Engin. College - Basrah Univ. Basrah- Iraq*

SUMMARY

Designing and building a solar dryer were accomplished which consists of:: solar collector with ribbed absorbent sheet and natural flow and contains six channel through which air passes, its dimension are 2.4 * 1 m and drying chamber made of wood and isolated by a foam, contains nine beds with matel net dimension of each are 0.9*0.5 m and a capacity of 50 kg. Tests data were collected from January to Desember,2004.Temprature and relative humidity of air out side and in side drying chamber were measured and solar energy,pik-up energy and solar collector efficiency were measured. Apricot and okra were dried by three different methods which were solar dryer under study, natural sun drying and electrical drying. Results revealed that rate of practical solar energy in winter and summer were 760 W/m^2 and 570 W/m^2,respectively. The highest average of out let air temperature of solar collector during summer was 81.5 ^{o}C while the lowest was 45 ^{o}C during winter. The highest average practical efficiency was 48.92 % during summer, while the lowest was 34.21% during winter. The highest temperature in drying chamber was 66 oc during summer and the lowest was 30 oc durin winter.

Key words:solar dryer,solar collector,food drying.