

## الفصل الرابع

### Solar Cookers And Ovens الطباخات والأفران الشمسية

ان مفهوم الطبخ بالطاقة الشمسية مضت عليه اكثر من 220 سنة وكان مستخدم عند الفرنسيين في بداية عام 1870 م . كل الطباخات الشمسية تعمل على مبدأ تركيز الاشعة الشمسية بصورة مباشرة لرفع درجة حرارة الغذاء او الماء لدرجات الطبخ التي تبدأ عند 150 درجة فهرنهايت على الرغم من ان الدرجات الحرارية المفضلة هي 250 - 400 درجة فهرنهايت.

الطباخات الشمسية من نوع ذو العاكسة المفتوح تكون بؤرة اشعة الشمس على الطبخ بالقدر المفتوح، كذلك الافران الشمسية تقتنص حرارة الشمس بداخل صندوق معزول مزود بغطاء شفاف . الطباخات الشمسية ذات الصندوق ابتكرت عام 1970 م والان هي مستخدمة بشكل واسع حتى في البلدان المتطورة.

#### كيف يعمل الفرن الشمسي

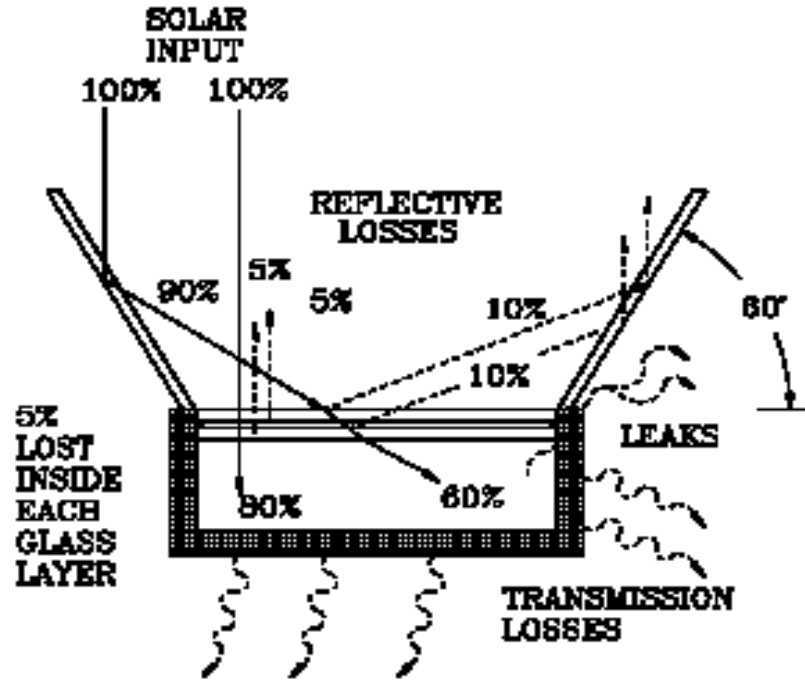
درجة حرارة الافران الشمسية تصل الى درجة حرارة الطبخ عندما يكون الريح بالطاقة الشمسية يساوي المفقودات الحرارية ، وهي عبارة عن حالة توازن بين الريح بطاقة الإشعاع الشمسي والفقدان الحراري. الفقدان الحراري ينتج عن حصول حالة الانعكاس والامتصاص والانتقال والتسرب والفقدان الحراري نتيجة الطبخ وكما هو موضح بالشكل (1-4). الريح بالطاقة الشمسية يعتمد على المساحة الكلية المعرضة للشمس وفعالية المجمع.

اختراق الضوء للزجاج مهم جدا ويجب ان لاتكون الزاوية مع العمود ضحلة ، فاذا كانت الزاوية 30 درجة مع العمود للعاكسات فيكون الاختراق جيد وينتشر الضوء بصورة جيدة في المعدن . شكل (2-4).

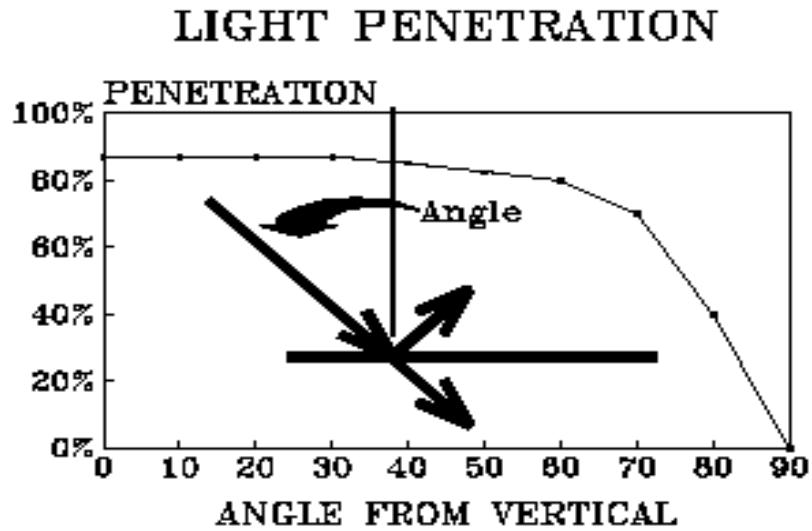
ان انعكاسية المرآة تصل الى 99% وتفقد 5% خلال زمن مرور الضوء من خلالها، بينما السطوح المعدنية اللامعة تصل انعكاسيتها الى 90% .

الزاوية 30 درجة من العمود او 60 درجة من الافق لكل عاكس وهي تساوي عرض غرفة الطبخ لكي تسمح لجميع الضوء المعكوس منها بالدخول الى غرفة الطبخ . يمكن ان تثبت المرآة بصورة مفصلية لغرض طويها اثناء النقل. كلما كانت زاوية

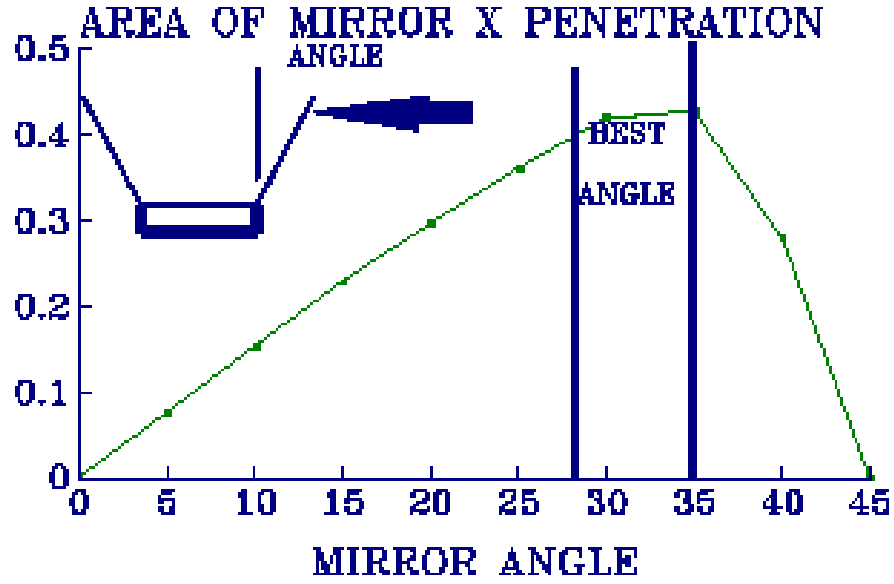
الشمس ضحلة كلما زادت الانعكاسية ، وان اختراق اشعة الشمس للغطاء الزجاجي يتحسن بعض الشيء عندما تكون الزاوية العمودية كبيرة. كما في شكل (3-4)



شكل (4-1) : سقوط الاشعاع الشمسي على الفرن الشمسي والفقدان الحرارى.



شكل (4-2) : اختراق الضوء للزجاج. (Nicols & C.E.M., 1993)



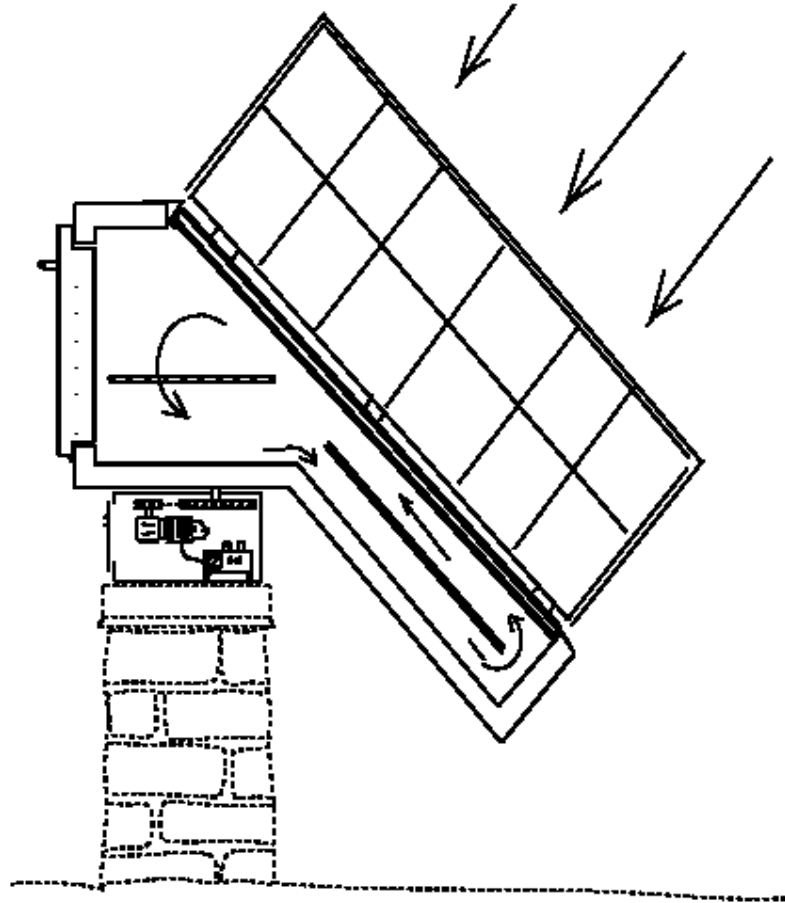
شكل (4-3) : العلاقة بين زاوية المرآة ومساحتها.

هنالك خمسة عوامل تؤثر على الطباخ هي درجة حرارة الطبخ والفقد الحراري ويمكن السيطرة على الحرارة المنبعثة باستخدام العازل وكذلك استخدام غطائين زجاجيين يعملان على خفض الفقد الحراري العلوي و السيطرة على فواید التسرب من خلال البناء الجيد للطباخ وغرفة الطبخ يجب ان تكون محمية من تأثير الرطوبة. ان حرارة الطاقة الشمسية تنقل الى الغذاء بواسطة ثلاث ميكانيكيات هي الاشعة الشمسية المباشرة على الغذاء وتأثير الحمل حيث ان الهواء الحار في غرفة الطبخ يحيط بالغذاء وكذلك انتقال الحرارة بالتوصيل من الطبق الى الغذاء ، اذا كان الطبق مصنوع من معدن ثقيل مثل الحديد او الالمنيوم فان اشعة الشمس سوف تسخنه ويكون اشبه بالموقد تحت الغذاء . هذه العوامل الثلاث تجعل عملية الطبخ كفوءة جدا . يحصل هنالك فقدان حراري مؤقت يخفض درجة حرارة الفرن من 25 - 50 درجة فهرنهايتية .

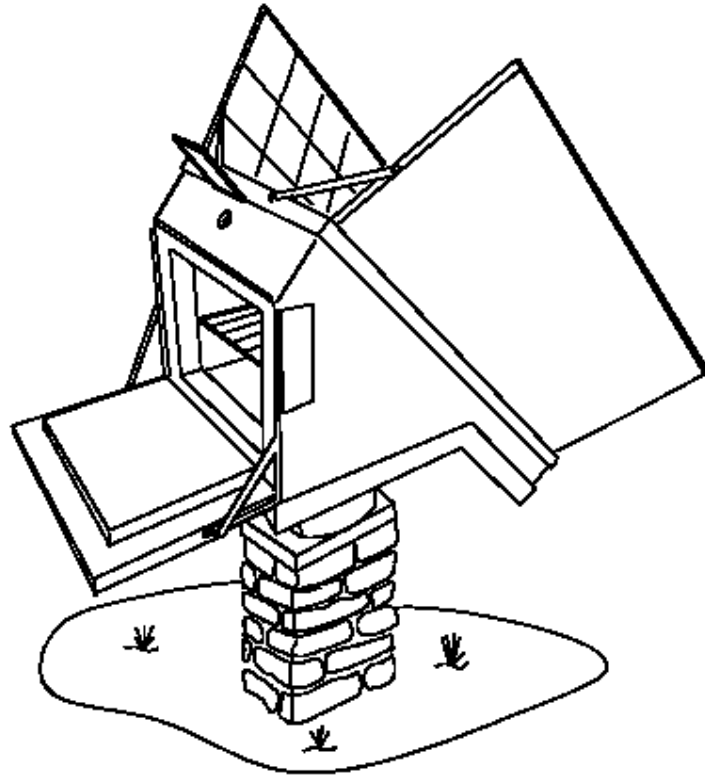
ان هذا الطباخ يتبع الشمس باستمرار الا انه غير متتقل ويصنع من معادن تقاوم لعدة سنوات من استخدامه. ومن مميزاته انه محمول على قاعدة ومرتفع ومثبت بصورة مائلة ولا يمكن تغيير زاوية ميله على مدار السنة ويحتوي على مرأتين

ومجمع شمسي ذو صفيحة امتصاص مستوية ، يتحرك الهواء بداخلة بصورة طبيعية وان تيارات الحمل التي تحدث فيه تكون كافية لإجراء عملية الطبخ وان أطباق الطهي تكون ساخنة جدا . يدور هذا الطباخ حول محور ثابت مما يسمح بتعقب الشمس خلال اليوم اما بواسطة اليد او باستعمال وسيلة تلقائية وله القدرة على استيعاب كمية كبيرة من الغذاء.

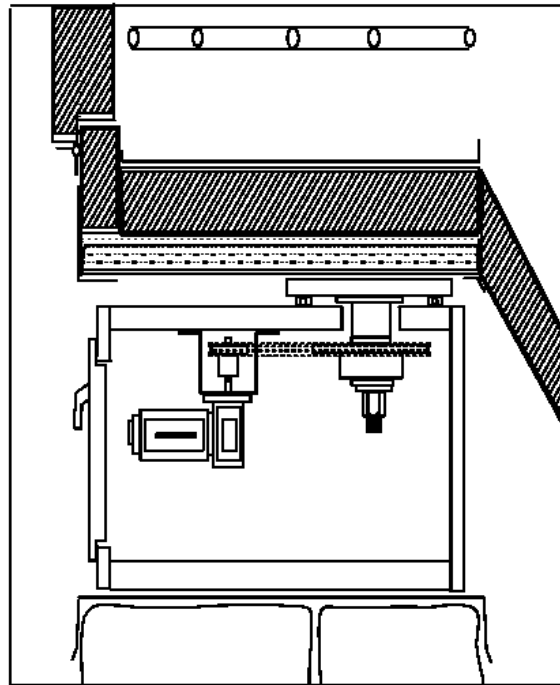
يبين الشكل (4-5) نمط تدوير الهواء في داخل غرفة الفرن او الطبخ . عملية دوران هذا الفرن تتم بفعل محرك كهربائي عدد دوراته من 1 - 5 دورة بالدقيقة ، يعمل بواسطة بطاريات صغيرة بفولتية 12 - 24 فولت وبتيار مستمر مرتبط مع صندوق تروس نسبة التخفيض فيه 3 الى 1 مما تجعل عدد دورات الفرن أو الطباخ تتراوح من 1 - 0.5 دورة بالدقيقة وتنشأ بواسطة خلية ضوئية . ان قلب الفرن الشمسي ذو منظومة التعقيب هو السيطرة الالكترونية والاخيرة مكونة من دايود ضوئي وريلي 12 فولت تيار مباشر والشاحنة تكون مزودة بخلية ضوئية تستخدم لشحن البطاريات التي هي من نوع AA نيكل - كادميوم يمكن اعادة شحنها وتعطي 12 الى 15 فولت عند 50 - 80 ملي امبير . ان الدايود الضوئي يوصل الكهربائية عند وجود الضوء ، وهناك صندوق الظل يعمل على تظليل الدايود الضوئي عندما يكون الفرن مقابل بؤرة الشمس ويسبب توقف المحرك وعندما تبتعد الشمس عنه تعمل المنظومة على تدويره باتجاه الشمس . عند الغروب يدور الفرن الى وضعه الاصلي الذي كان عليه في بداية التشغيل ان المحرك يدور باتجاه عكسي.



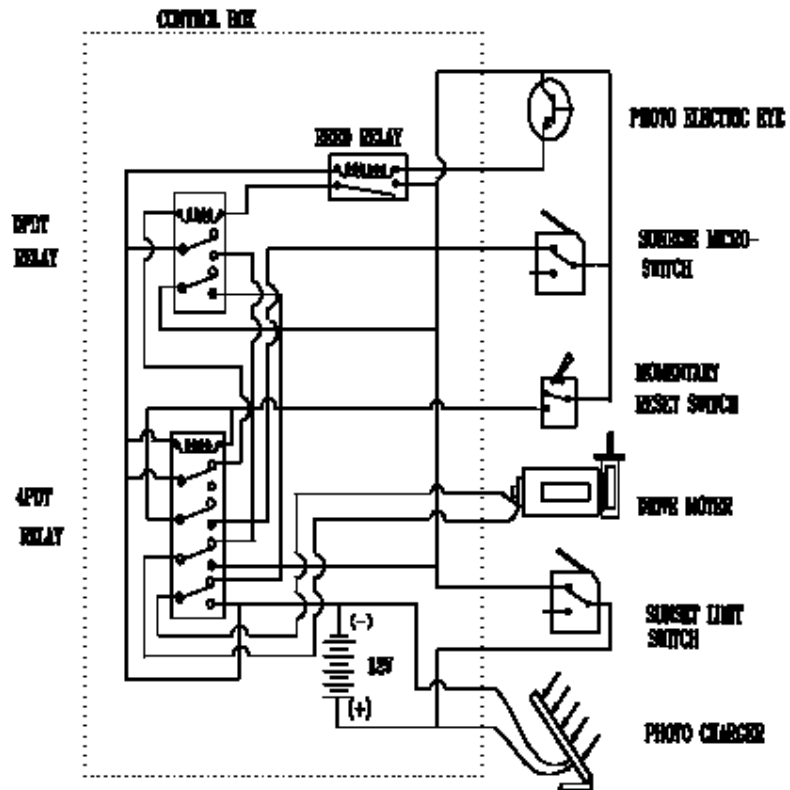
شكل (4-5) : نمط تدوير الهواء في داخل غرفة الفرن.



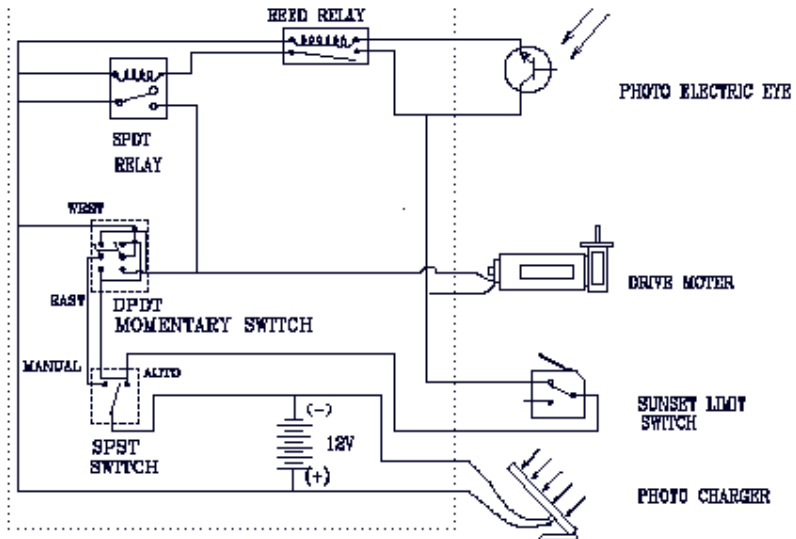
شكل (4-6) : نصب الفرن.



شكل (4-7) : آلية تدوير الفرن.



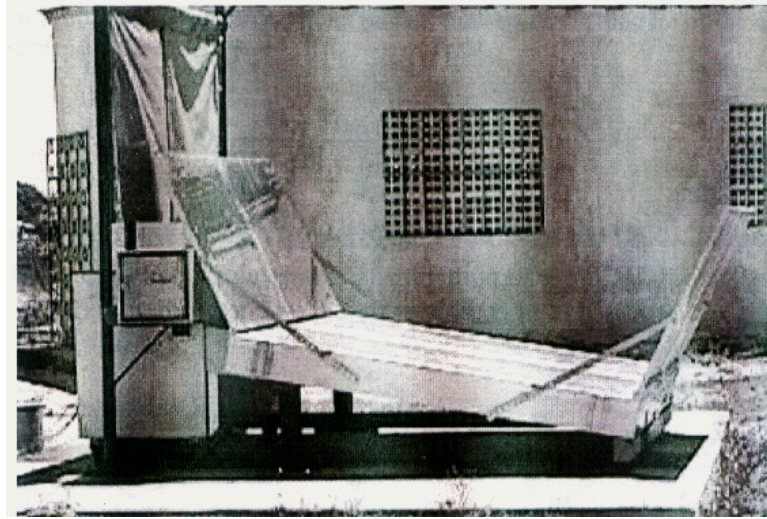
شكل (4-8) : الدائرة الكهربائية للفرن.



شكل (4-9) : الدائرة الكهربائية للفرن.

هنالك طبّاخ يستعمل فيه مجمع شمسي ذو صفيحة امتصاص مستوية وتصل درجة حرارة مائع التشغيل فيه الى 200 درجة مئوية وان وحدة الطبخ تحتوي على خزان لحفظ الحرارة وفرن للخبز. شكل (4-10) . ان مائع التشغيل يسخن ويرتفع الى الاعلى في المجمع الشمسي ويجري الى دورة السيفون الحراري نتيجة لاختلافات الكثافة بين الاجزاء الحارة والباردة في المنظومة.

المائع الحار يترك المجمع الشمسي وهنالك صمامات للسيطرة وهي اما ان تسمح للمائع بالتحرك الى وحدة الطبخ او الى الاعلى باتجاه وحدة الخزن. بعد الاستعمال يعود المائع المبرد الى المجمع الشمسي وهنا يكون الطهي داخل هذا النوع اكثر امان من الانواع الاخرى. ان مساحة صفيحة الامتصاص في هذا الطباخ هي 4 م<sup>2</sup> وخزان واحد لخزن الحرارة سعته 50 لتر. ويحتوي على طبّاخ واحد ذو ثلاثة قدور وفرن واحد وخمسة صمامات سيطرة.



شكل (4-10) : الطباخ الشمسي الغير مباشر. (Silva et al., 2002)



## التحليل الحراري

كفاءة الحرارة المحسوسة الموضحة في معادلة (4-1) وتمثل نسبة الطاقة المستخدمة للحرارة المحسوسة لكتلة معينة من الماء الموجود في قدر الطباخ من درجة حرارة الجو الى 95 درجة مئوية وشدة الاشعاع الشمسي خلال الزمن.

$$\eta = \frac{m_w C_p \Delta T_{amb-95}}{A_c \int_0^t G \cdot dt} \dots\dots\dots (4-1)$$

$m_w$ : كتلة الماء ( كغم )

$C_p$ : الحرارة النوعية عند ثبوت الحجم (جول/كغم.كلفن)

$\Delta T$ : الاختلاف بدرجة الحرارة ( $^{\circ}\text{م}$ )

$A_c$ : مساحة المجمع الشمسي ( $\text{م}^2$ )

$G$ : شدة الاشعاع الشمسي على سطح مائل (واط/ $\text{م}^2$ )

$dt$ : الزمن المستغرق في العملية الحرارية (ثانية)

القدرة الحرارية المحسوسة  $Q_h$  هي معدل الطاقة المحسوسة المستخدمة لتسخين الماء كما في المعادلة الاتية:

$$Q_h = \frac{m_w C_p \Delta T_{amb-95}}{\Delta t} \dots\dots\dots (4-2)$$

لتقدير كفاءة الغليان والقدرة وعند استبدال الحرارة الكامنة لتبخر الماء بدلا من الحرارة المحسوسة فان قدرة الغليان هي:

$$Q_b = \frac{m_w h_{fg}}{\Delta t} \dots\dots\dots (4-3)$$

$h_{fg}$ : الحرارة الكامنة للماء (جول/كغم)

$\Delta t$ : الزمن المستغرق خلال عملية الغليان (ثانية)

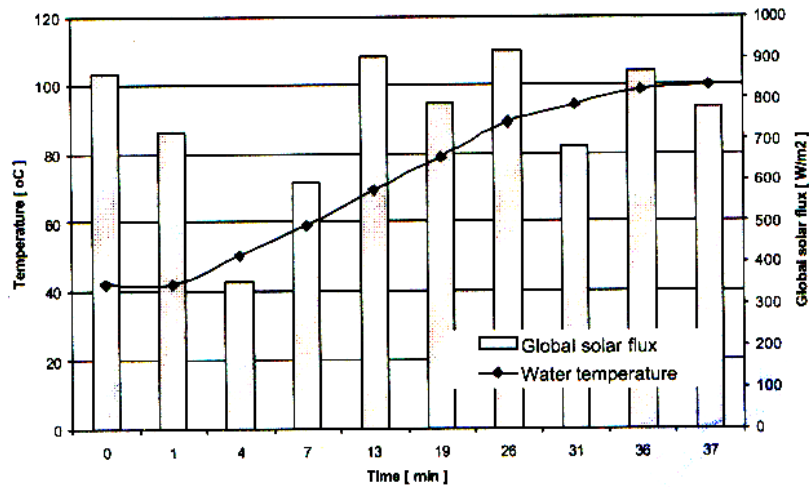
معدل الكفاءة الكامنة يمثل نسبة الطاقة المستخدمة في عملية الغليان الى تكامل الاشعاع الشمسي بالنسبة للزمن وكما هو في المعادلة الاتية:

$$\eta_{boiling} = \frac{m_w h_{fg}}{A \int_0^t G \cdot dt} \dots \dots \dots (4-4)$$

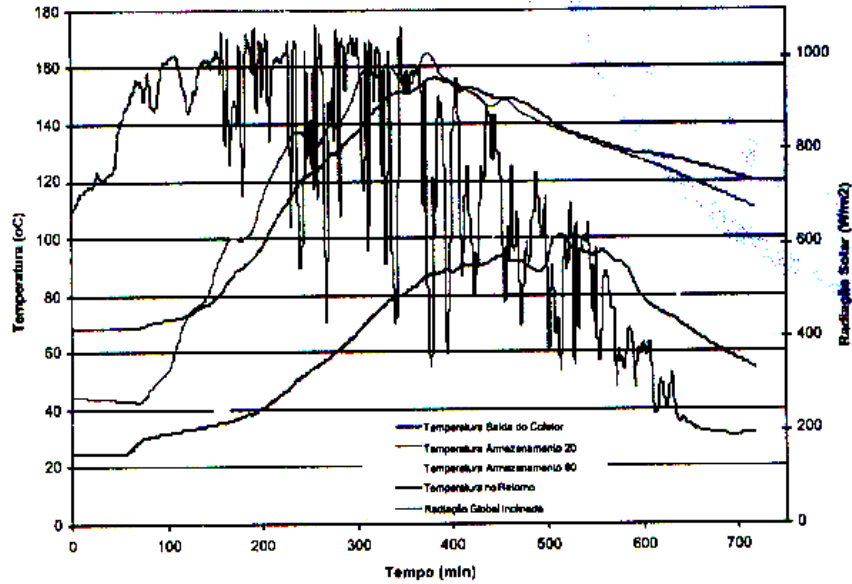
يبين الشكل (4-11) تغير درجة حرارة الماء والطاقة الشمسية خلال التسخين المحسوس . ان معدل قيمة الكفاءة الحرارية المحسوسة هي 0.38 علما ان الكفاءة في اغلب المصادر تتراوح بين 0.30 – 0.34 . ان الزيت الحراري الصناعي استخدم بدلا من زيت الخضروات نتيجة المشاكل المقترنة مع الاخير خلال عملية الفصل عند درجة حرارة 200 درجة مئوية.

ان معدل طاقة الاشعاع الشمسي على سطح المجمع الشمسي المائل وصلت الى 786.1 واط/م<sup>2</sup> . عملية التسخين تستمر لمدة 32 دقيقة لتسخين 8 كغم من الماء . نفس العملية مع الحرارة من الخزن الحراري تطلبت 37 دقيقة.

الشكل (4-12) يوضح البيانات التجريبية التي جمعت خلال عملية التسخين الحراري (خزان الخزن الحراري). ان درجات الحرارة من وقت الشروق الى الغروب . ان كفاءة الحرارة المحسوسة كانت قيمتها اعلى من المتوقع بسبب كفاية الخصائص الحرارية للزيت المستخدم في المنظومة. ان الكفاءة الكامنة يصعب تحديدها بعض الشيء ولكن على العموم وصلت قيمتها الى 0.30 لمعدل شدة اشعاع شمسي على صفيحة مستوية 664 واط/م<sup>2</sup>.



شكل (4-11) : درجة حرارة الماء وشدة الاشعاع الشمسي في الطباخ الشمسي غير المباشر.



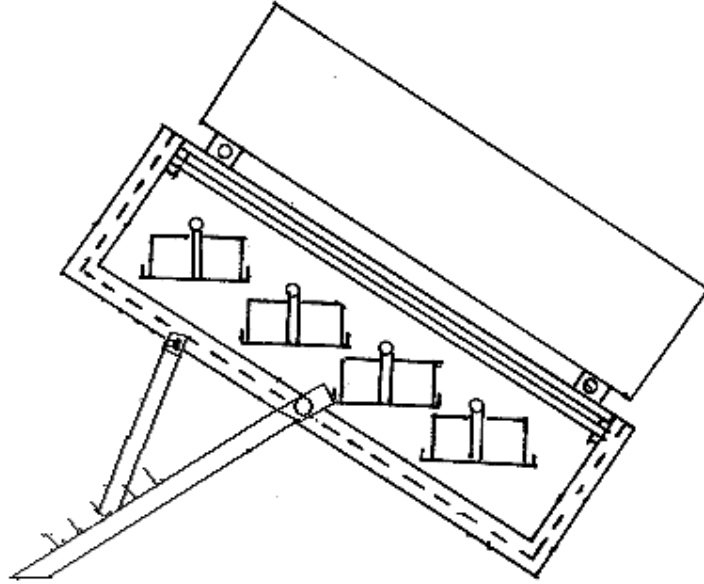
شكل (4-12) : البيانات التجريبية التي جمعت خلال عملية التسخين الحراري (خزان الخزن الحراري).

### الطباخ الشمسي نوع الصندوق المائل *Inclind Box – Type Solar Cooker*

هو عبارة عن صندوق يوضع بشكل مائل شكل (4-13) ويكون مواجهاً للشمس باستمرار من خلال تدويره باليد أو بواسطة منظومة تدوير خاصة تحتوي على مرآتين لعكس الأشعاع الشمسي بداخل الطباخ كما أنه يحتوي أيضاً على أطباق معلقة بداخله والتعليق يحافظ على بقاء الطبق بصورة أفقية عندما يكون الطباخ مائل لمنع سقوط الغذاء شكل (4-14).



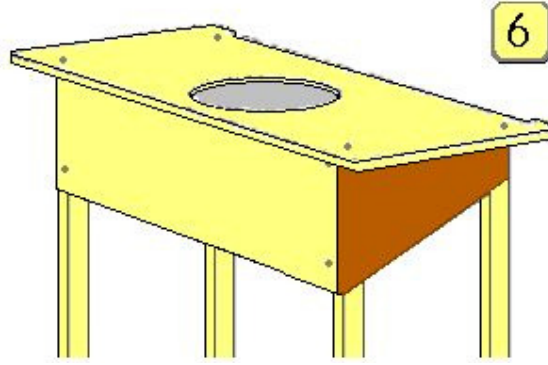
شكل (4-13) : الطباخ الشمسي نوع الصندوق المائل. (Duta, 2000).



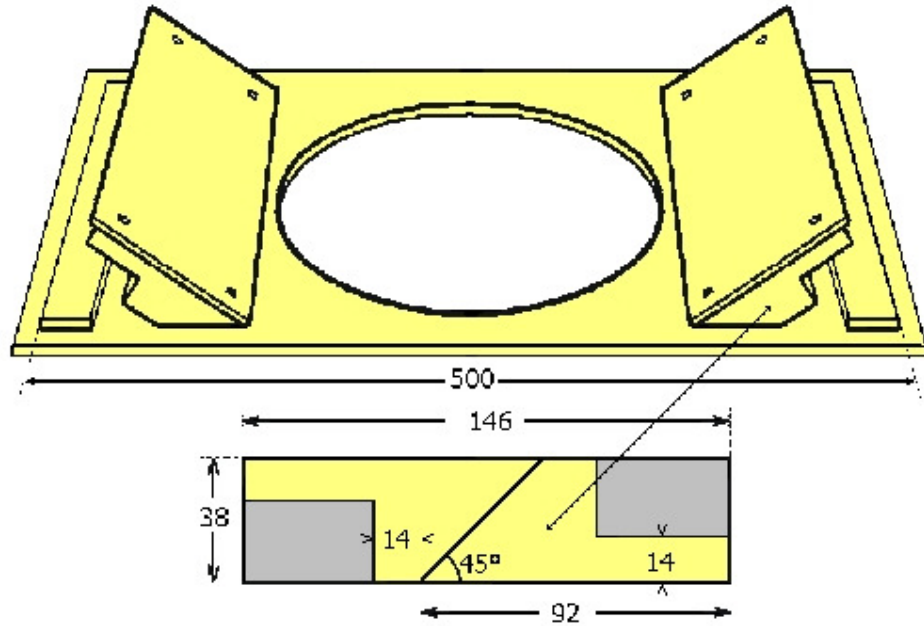
شكل (4-14) : تعليق الأطباق بداخل الطباخ.

اجري اختبار لهذا الطباخ في 3-3-2003 من الساعة العاشرة صباحا ولغاية الساعة الثانية عشر ظهرا عندما درجة حرارة الجو 21 درجة مئوية وشدة اشعاع شمسي 0.55 كيلو واط /م<sup>2</sup>.سا، وصلت درجة حرارة غطاء القدر الى 148 درجة مئوية. طهي 2 كغم من الرز وتطلب ذلك زمن مقداره ساعتين فقط خلال فترة التشغيل من الساعة التاسعة صباحا ولغاية الثالثة عصرا.

هنالك نوع اخر من الطباخات الشمسية الذي يستند على مساند عمودية ويكون الطباخ افقي ، اذ يتكون من صندوق معزول من جميع الجوانب ويحتوي في وسطه على فتحة حيث يوضع بداخلها القدر ويكون الفراغ بينه وبين الفتحة لايزيد عن 1 ملم لكي لا يحدث تسرب حراري. اضافة الى ذلك فانه توجد هنالك عاكستان لاشعة الشمس موجودتان على جانبي القدر كما في الشكلين (4-15) و (4-16) .



شكل (4-15) : طباخ شمسي ذو مساند عمودية.



شكل (4-16) : أبعاد السطح العلوي من الطباخ الشمسي. (M.S.T.,2000).

هذا الفرن يمكن ان ينتج 100 قطعة من الخبز في الساعة كما انه هنالك تصميم اخر يمكن ان يقوم بتعقيم مياه الشرب هو الفرن الشمسي وكما هو موضح في الشكل (4-17)



شكل (4-17) : الفرن الشمسي.

### طباخ بيرنارد ذو الألواح الشمسية *The Bernard Solar Panel Cooker*

هذا النوع تكون مساحة صندوقه على الأقل 45 \* 55 سم، ويتكون من صفائح من الورق المقوى والمثبت عليها طبقة معدنية رقيقة من الألمنيوم . القاعدة تكون أفقية ويوضع عليها القدر ذو غطاء اسود ويوضع فوق القدر صحن زجاجي شفاف عميق يغطي كل القدر. توجد ثلاث صفائح عمودية ذات رقائق معدنية لماعة ويقابلها صفيحة أخرى من النوع نفسه مائلة بزاوية امام القدر. وكما مبين في الشكل (4-18).



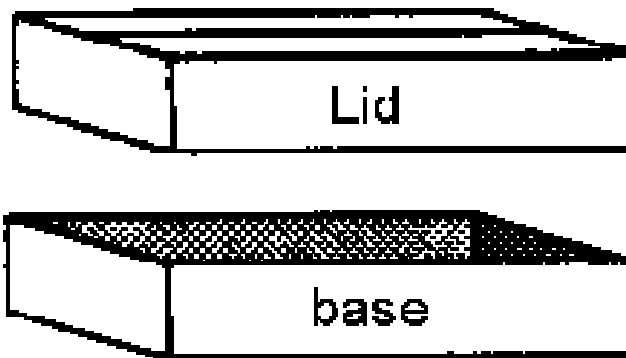
شكل (4-18) : طباخ بيرنارد ذو الألواح الشمسية (Mountain,2006)

#### الطباخ الشمسي ذو الغطاء *The Easy Lid Cooker*

وتبين الاشكال من (4-19) - (4-26) طريقة تصنيعه ، وهو يتكون من صندوق يمثل القاعدة ويجد عليه غطاء يحيط به شريط من الكارتون المقوى والاخير يكون جزء منه في القاعدة ، والاضلاع الداخلية مثبت عليها شريط معدني رقيق مصنوعة من الالمنيوم ويوضع صندوق بداخل ذلك الهيكل اجنحه ملفوفة على الشريط المثبت على القاعدة وهذه الاجزاء مثبتة بواسطة مادة لاصقة وبداخل هذا الصندوق صفيحة معدنية سوداء كما انه مزود بعاكس.

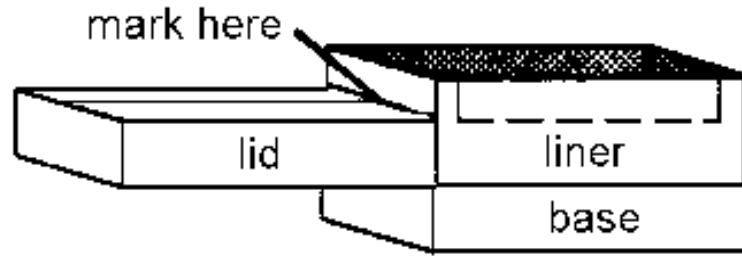


شكل (4-19) : الطباخ الشمسي ذو الغطاء. (Tan & Sponheim, 2006)

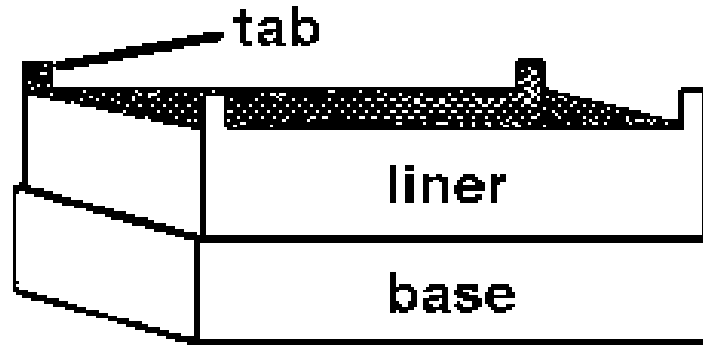


شكل (4-20) : الغطاء والقاعدة

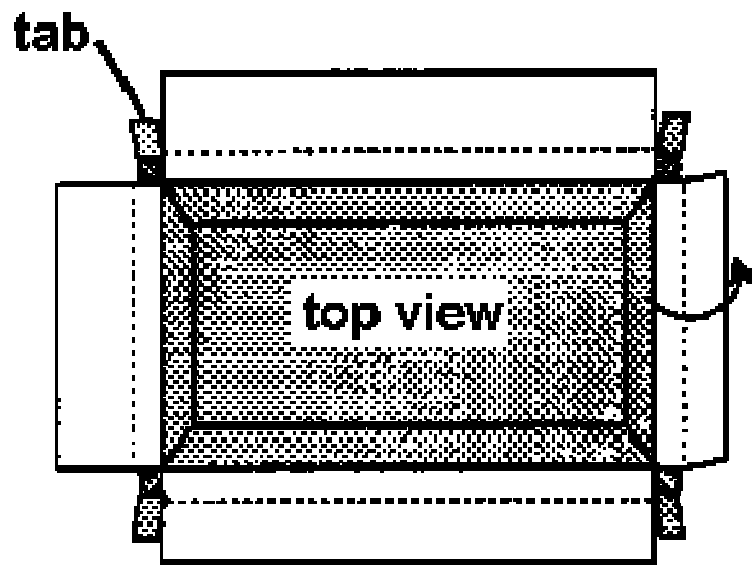




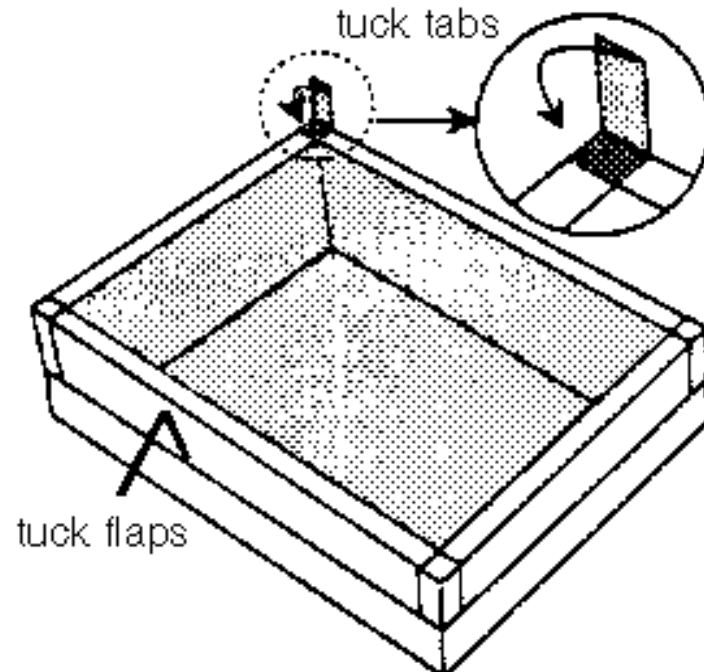
شكل (4-21): تركيب الغطاء والقاعدة



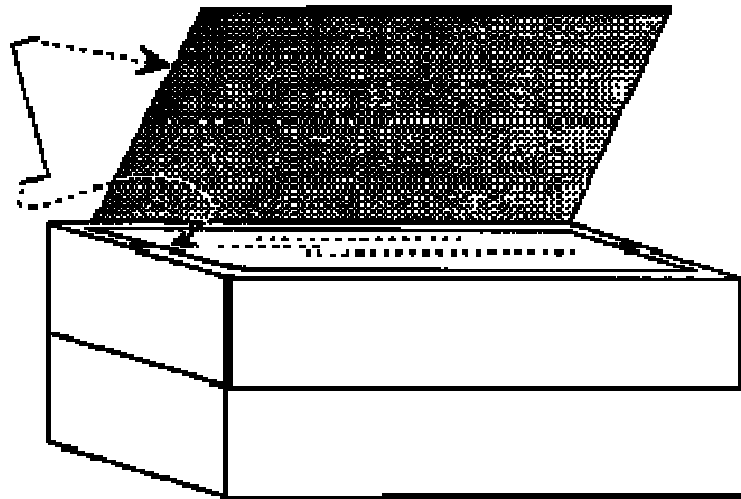
شكل (4-22): ربطهما معا



شكل (4-23): منظر علوي



شكل (4-24) : عملية الربط



شكل (4-25) : الطباخ بصورة كاملة.

### *The Reflective Open Box Solar Dryer*

في هذا التصميم تقليل عدد الألواح الشمسية شكل (4-26) وهذا أدى الى زيادة كفاءة الاسطح العاكسة من خلال السماح للانعكاسات المتعددة بين اللوحان المتبقيان ان الزاوية بين اللوحين العاكسين كلما قلت كلما كان تركيز الشمس اكبر، وهذه الزاوية تتراوح بين 60 - 90 درجة. هذا الطباخ ابعاده 46 سم الطول و 32 سم العرض و 42 سم الارتفاع ومساحة الانعكاس فيه هي 5000 سم.



شكل (4-25): الطباخ الشمسي ذو الصندوق المفتوح. (A.L.E.D.E.S.,2007)



شكل (4-26): انواع مختلفة من الطباخات الشمسية.

### فرن صندوق البيتزا *Pizza Box Oven*

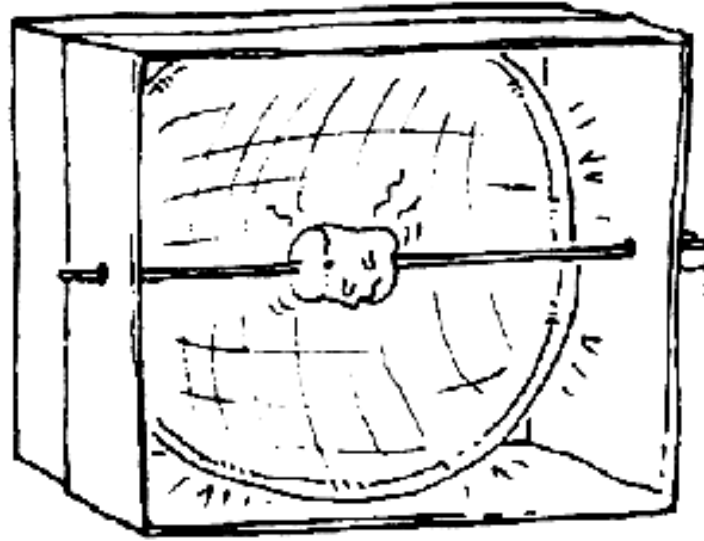
يتكون هذا الفرن من قاعدة سوداء اللون مصنوعة من البلاستيك والسيلوفين وبلاستيك شفاف وغطاء والاخير يستعمل كعاكس عند العمل ايضا كما هو مبين في شكل (4-27)



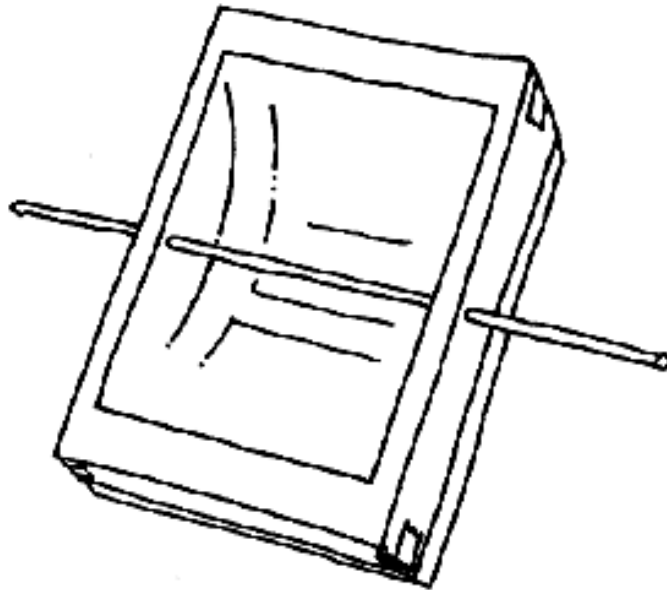
شكل (4-27) : فرن صندوق البيتزا. (R.E.S.W.,2004)

### الطباخ ذي الطبق *Parabolic Dish Cooker*

يوضع الطبق المثبت عليه السيلوفين داخل صندوق مثبت على مقدمته سطح زجاجي شفاف ويوضع الغذاء المراد طهيه على عمد يمكن تدويره بين فترة وأخرى حتى تنتقل الطاقة الى جميع جوانبه. كما مبين في شكل (4-28) ويوجد نوع آخر يوضع بدل الطبق شكل بيضوي يسمى *Parabolic trough cooker* كما مبين في شكل (4-29).



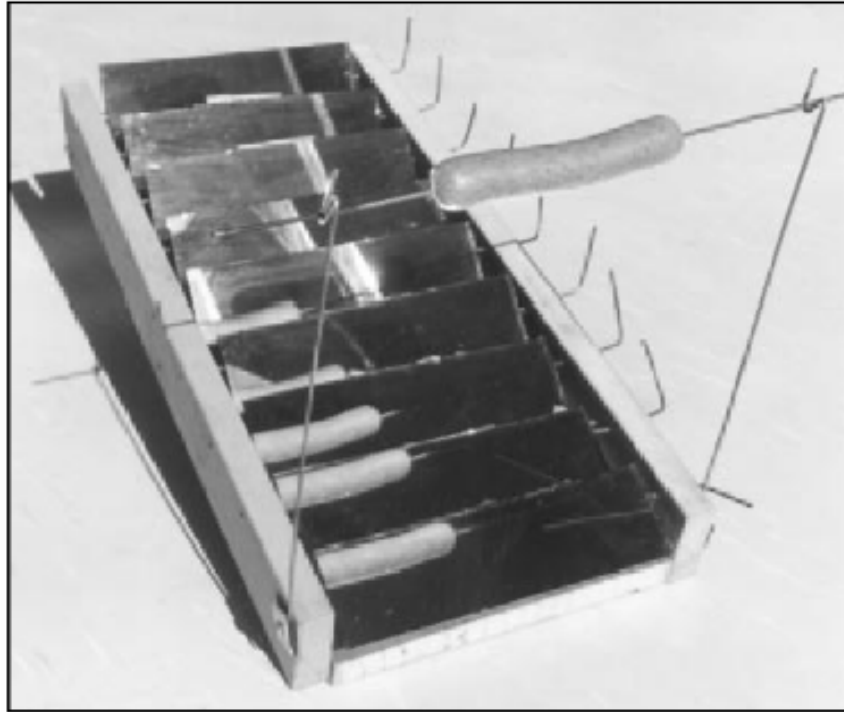
شكل (4-28) :الطباق ذو الطبق. (R.E.S.W.,2004).



شكل (4-29) : الطباق ذو الجزء المنحني. (R.E.S.W.,2004).

### مقللة الصوصج الشمسية *Solar Sausage Sizzler*

تتكون من قنوات معدنية مثلثة الشكل مثبت على اوجهها الامامية مري موضوعة في صندوق من الخشب. وفي المقدمة يثبت محوران جانبيان يثبتان من الاسفل بواسطة صواميل ومن الاعلى معكوفان بشكل حرف U ويوضع عليه عمود بصورة افقية يثبت عليه قطعة الصوصج . عندما تسقط اشعة الشمس على المري فتقوم بعكسها على قطعة اللحم وبذلك سوف يتم طهيها نتيجة ارتفاع درجة حرارتها ويمكن تدويرها لتوزيع الحرارة عليها .وكما في شكل (4-30).



شكل (4-30): مقللة الصوصج الشمسية.(R.E.S.W.,2004).