

PASTEURIZACION DE LECHE UTILIZANDO UN HORNO SOLAR

Alfredo Esteves, Fernando Buenanueva, Leonardo Cavagnaro
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CONICET)

Miguel Basualdo
Instituto de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)
Av. Ruiz Leal s/n – Pque. Gral. San Martín – Mendoza – Argentina
Tel.: 54 261 4288797 int. 109 – Fax: 54 261 4287370
e-mail: aesteves@lab.criicyt.edu.ar

RESUMEN: en las Comunidades Rurales dedicadas a la cría de ganado caprino, se hace necesario contar con diversificación económica, de manera de hacerlos menos vulnerables a la situación desfavorable que significa la monoexplotación. Estas comunidades se encuentran en lugares alejados de las fuentes de suministro energético y por lo tanto, el uso de los recursos naturales existentes es crítico para lograr su sustentabilidad. Se presenta el comportamiento térmico de un horno solar utilizado como pasteurizador de leche, que sería destinado luego a la fabricación de quesos. Esto se considera de particular importancia para diversificar los recursos económicos obtenibles a la actividad que ya poseen de cría del ganado. El tiempo demandado para la pasteurización de 4.2 litros de líquido es de 135 a 200 minutos, dependiendo si existe o no calentamiento previo del horno y la potencia puesta en juego entre 120 a 60W, ésta última hacia el final del proceso. El rendimiento del sistema se ubica entre 20 y 40%, típico de los sistemas de aprovechamiento solar de baja temperatura.

Palabras clave: cocción solar, pasteurización solar, energía solar.

INTRODUCCIÓN

En el proyecto PICT 13-12399 financiado por al Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, se prevé el desarrollo y transferencia de tecnología de energías renovables aplicados al hábitat sustentable.

Las Comunidades Rurales de la zona de secano de la provincia, están alejadas de las zonas de suministro energético por redes y a su vez, disponen de recursos climáticos naturales posibles de ser utilizados para proveerse energía para su propia demanda: cocción de alimentos, calentamiento de agua, calefacción de espacios, calefacción para cría de animales y producción de plantines para disponer de vegetales para la dieta diaria, etc.

Estas comunidades en su mayoría, agrupan a “puesteros” que se dedican a la cría de ganado caprino, con el fin de comercializar la carne y el cuero. En este sentido, su situación geográfica y su indefensión respecto de comerciantes “mayoristas” que aparecen y les compran los productos con muy baja rentabilidad. Una salida podría ser la producción de quesos de cabra, cada vez más solicitados por el público consumidor en la ciudad.

En un trabajo previo (Franco et al, 2004) se presentó la pasteurización de leche de cabra con un concentrador de fresnel, para lo cual, se utiliza un recipiente especialmente diseñado y se trabaja a baño maría para mantener un calentamiento suave de la leche.

En el presente trabajo se describe el funcionamiento del horno solar para lograr la pasteurización de la leche con destino a ser utilizada para la fabricación de quesos. Dado que el calentamiento en el horno se realiza en forma gradual, no hace falta colocar el alimento a baño maría.

PASTEURIZACIÓN

La pasteurización es el proceso térmico de destrucción de las bacterias patógenas que pueden existir en un alimento, generalmente usado en el tratamiento de líquidos alimenticios, alterando lo menos posible la estructura física y los componentes químicos de éste. Posteriormente, los productos se sellan herméticamente con fines de seguridad.

Su descubridor fue el químico francés Louis Pasteur (1822-1895) quien en 1862 comprobó que al calentar ciertos alimentos y bebidas por encima de los 60° C evitaba su alteración, al disminuir de manera sensible el número de microorganismos presentes en su composición.

Existe una relación entre la temperatura y el tiempo de mortandad de las bacterias. Mientras mayor es la temperatura, menor es el tiempo necesario para realizar el proceso y viceversa. La temperatura debe ser superior a los 60°C y a partir de allí, el tiempo necesario va decreciendo a medida que sube la temperatura.

Cada especie de microorganismos tiene su propia tolerancia particular al calor. Durante el proceso de destrucción térmica, tal como la pasteurización, la tasa de destrucción es logarítmica, como lo es la tasa de crecimiento. De este modo, la bacteria sometida al calor, se destruye a una tasa que es proporcional al número de microorganismos presentes. El tiempo de proceso es dependiente de la temperatura de exposición para completar una tasa de destrucción deseada. Los cálculos térmicos involucran entonces los siguientes datos: conocimiento de la concentración de los microorganismos a ser destruidos, concentración de microorganismos aceptable que puedan quedar remanentes, resistencia térmica del microorganismos objetivo (del más tolerante al calor) y relación tiempo-temperatura requerida para la destrucción de éste.

El grado de tratamiento requerido se determina por medio de la resistencia del microorganismo más resistente al calor que posea el alimento. Por ejemplo, la leche posee microorganismos de distinto tipo: *Brucella melitensis* (responsable de la brucelosis), bacteria del género *Mycobacterium* (responsable de la tuberculosis), *Salmonella Typha*, *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella enteritidis* (y varias mas responsables de la salmonelosis), *Coxiella burnetti* (responsable de la fiebre Q o fiebre de Queensland), pero históricamente la pasteurización, se basa en la bacteria (*Mycobacterium*) de la tuberculosis y la *Coxiella burnetti* (responsable de la fiebre Q o Queensland fever), pero con el reconocimiento de cada nuevo patógeno, la relación de tiempo-temperatura debe ser continuamente examinada.

La curva de destrucción térmica para este proceso se muestra en la Figura 1. Es un proceso logarítmico, en el cual, existe un intervalo de tiempo a una temperatura dada, para destruir el 90% de la población presente, esto se denomina ciclo logarítmico. Por ejemplo, si el tiempo requerido para destruir un ciclo (90%), se conoce, y se desea una determinada reducción (por ejemplo, 12 ciclos), se puede luego calcular el tiempo requerido. Si el número de microorganismos en el alimento es mayor, el lapso de tiempo requerido podría aumentar para procesar el producto de modo de alcanzar una determinada reducción. Normalmente el proceso de pasteurización se basa usualmente en una reducción de 12 D o 12 ciclos logarítmicos en el número de microorganismos. En este caso, la pasteurización podría realizarse a 62.8°C durante 15 minutos, sin embargo, se prefiere alcanzar los 71.1°C, que requiere 15 seg. Para completar la mortandad indicada.

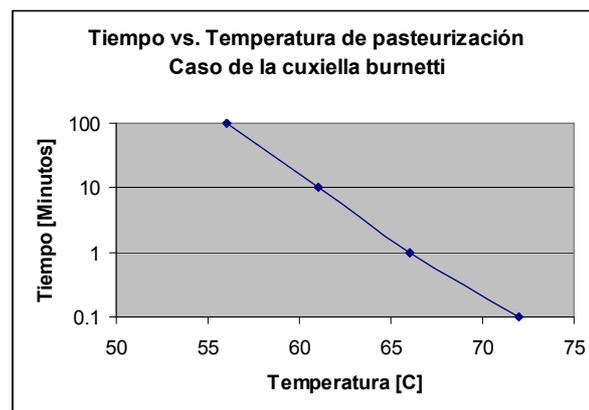


Figura 1: curva tiempo-temperatura para la Cuxinella burnetti (responsable de la fiebre Q)

El valor de D, mide la resistencia térmica de un microorganismo. Es el tiempo en minutos que a una determinada temperatura se destruye el equivalente al 90% de la población del microorganismo objeto. (Por supuesto en el proceso real, todos los otros que son menos tolerantes serán destruidos a un grado mayor).

Existe una variedad de pasteurización más popular en los productos lácteos es el método UHT ('Ultra High Temperature'), mediante el cual la leche se calienta a 138°C durante 2 segundos. De este modo, la leche puede ser almacenada durante dos o tres meses, o incluso más si el proceso se combina con un el uso de instrumental y contenedores previamente esterilizados. Este caso no es el alcanzado por los hornos solares tipo caja, como el que se plantea aquí, a causa de la temperatura máxima en el horno resulta menor.

PASTEURIZACIÓN SOLAR

En un trabajo previo (Esteves, 1998) se describe el horno solar utilizado. El mismo se compone de una caja de madera de álamo por fuera, aluminio por el interior y aislación térmica de lana de vidrio y poliestireno expandido entre medio de ellas. Tiene 2 reflectores exteriores del mismo material que la caja con lámina de aluminio que aumenta la radiación solar incidente en la cámara de cocción y a la vez, protegen a los vidrios cuando no se lo utiliza. Posee dos cubiertas vidriadas, una se encuentra horizontal en la parte superior y la otra vertical sobre el frente norte. Ambas son de doble vidriado con cámara de

aire estanca. Los alimentos se introducen por una puerta que se encuentra en la parte posterior. El horno tiene un soporte móvil que permite corregir las orientaciones. El mismo cuenta con las características que se indican en la Tabla 1.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Nombre o modelo que lo identifique | NACUNAN1 |
| Tipo de Cocina Solar | HORNO |
| Superficie de cubierta vidriada [m ²] | 0.4538 m ² |
| Área de reflectores [m ²] | 0.5270 m ² |
| Ángulo de Altitud solar para el día del ensayo a las 12 hrs. | 76.1° |
| Superficie proyectada horizontal [m ²] | 0.7146 m ² |
| Superficie corregida por coseno de altitud solar [m ²] | 0.6936 m ² |
| Superficie de placa absorbidora [m ²] | 0.3648 m ² |
| Peso [kg] | 23 kg |
| Volumen interior [m ³] (útil para hornear) | 66.15 dm ³ |
| Dimensiones en posición de operación (ancho, alto y profundidad) | 0.98 m x 0.83 m x 0.63 m |
| Dimensiones en posición de traslado | 0.98 m x 0.31 m x 0.63 m |
| Número de ollas y volumen [m ³] | 2 de 5 litros |
| Tipo de ollas (fijas o removibles) | Removibles |
| Las ollas se proveen con la cocina o no | No |
| Calentamiento auxiliar, tipo y potencia | No |
| Control de potencia del elemento calefactor | No |
| Almacenamiento de agua integral | No |
| Otros usos: secadero, esterilización de agua, calentamiento de agua para otros usos, etc. | Secado, pasteurización de agua, calentamiento de agua. |

Tabla 1: descripción física del horno solar utilizado para el proceso de pasteurización.



Figura 3: foto del horno solar.



Figura 4: foto de la cámara de cocción del horno solar utilizado.

En la Figura 3 se muestra una foto del mismo, cuando se encuentra en posición de calentamiento, es decir, con los reflectores (superior y delantero) abiertos. La Figura 4 muestra una vista de la cámara de cocción del horno utilizado como pasteurizador.

Como se puede observar, la capacidad es de dos ollas de 5 litros cada una. Esto es lo que se puede incorporar al mismo y permitir la pasteurización, que como veremos sería posible de realizarla dos o tres veces cada día, es decir, nos permitiría pasteurizar del orden de 15 litros de leche cada día.

PRUEBAS DE PASTEURIZACIÓN

Lo primero que se ha realizado son pruebas tomando en consideración un volumen de 4 y 4.2 litros de agua. Esto permitiría conocer el tiempo demandado para el calentamiento de esa masa de líquido. Como observaremos más tarde, la cantidad de tiempo insumido en llegar desde 62.8°C hasta los 72°C, resulta de 30 a 45 minutos, razón por la cual, el proceso térmico llegando a los 72°C resulta más que suficiente para garantizar una pasteurización de 12D.

La Figura 5 indica los valores de temperatura de líquido, aire y radiación solar durante el proceso llevado a cabo hasta la ebullición del líquido en el horno mencionado, realizando la prueba, con precalentamiento previo. En esta prueba, el horno se abre 30 minutos antes de colocar la carga, y durante este tiempo, la radiación solar calienta la cámara de horneado, calor que se acumula en el absorbedor. Como se puede observar la carga alcanza la temperatura de 90°C y el tiempo necesario para alcanzar los 72°C, es de 135 minutos.

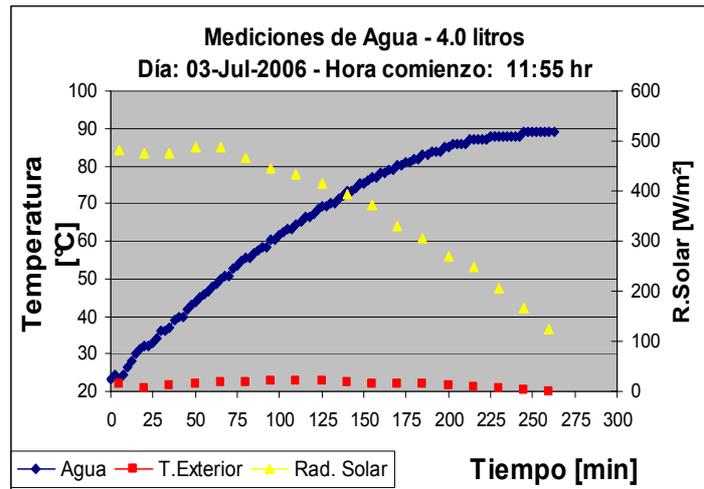


Figura 5: valores de las variables, temperatura del agua, aire y radiación solar durante el proceso de pasteurización

La Figura 6, muestra el calentamiento hasta temperatura de 80°C. En este caso, se ha efectuado el calentamiento sin precalentamiento previo. Esto es, se coloca la carga con el horno frío. La temperatura alcanzada ha sido de 80°C y el tiempo necesario para alcanzar los 72 °C, 203 minutos.

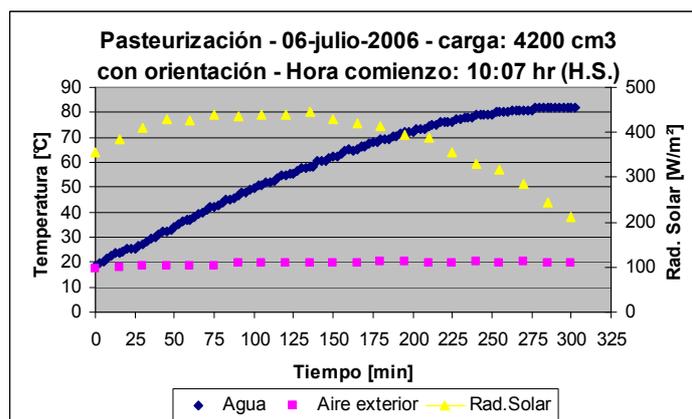


Figura 6: valores de temperatura del agua y aire y radiación solar durante el proceso de pasteurización sin precalentamiento previo.

POTENCIA DE PASTEURIZACIÓN

La potencia de pasteurización se considera la potencia puesta en juego efectivamente para elevar la temperatura del líquido en el intervalo tomado en consideración. El ensayo se lleva a cabo registrando las variables de temperatura del líquido, del

aire y de la radiación solar (siempre y cuando la velocidad de viento circundante no supere los 2 m/s), cada 2.5 minutos desde el inicio hasta la temperatura considerada. En este caso, se indica la potencia tomando en cuenta una temperatura de líquido de 40°C hasta 75 °C. Este rango de temperaturas resulta válido para evaluar el funcionamiento del sistema (Castell M., 2001).

En la Figura 7, se puede observar la curva correspondiente a la potencia de pasteurización, y se indica también la recta de correlación y el coeficiente de correlación de la curva. Como se puede observar, la misma tiene un valor mayor al inicio, cuando la temperatura del líquido es baja, y por lo tanto, menores son las pérdidas al exterior. Cuando el mismo se va calentando, la potencia va disminuyendo y teóricamente llegaría a 0 en el momento de la ebullición (se evalúa la misma a través de la diferencia de temperatura del líquido). En este caso, no se llega a la ebullición, razón por la cual, la potencia se mantiene en valores finales que rondan los 58W.

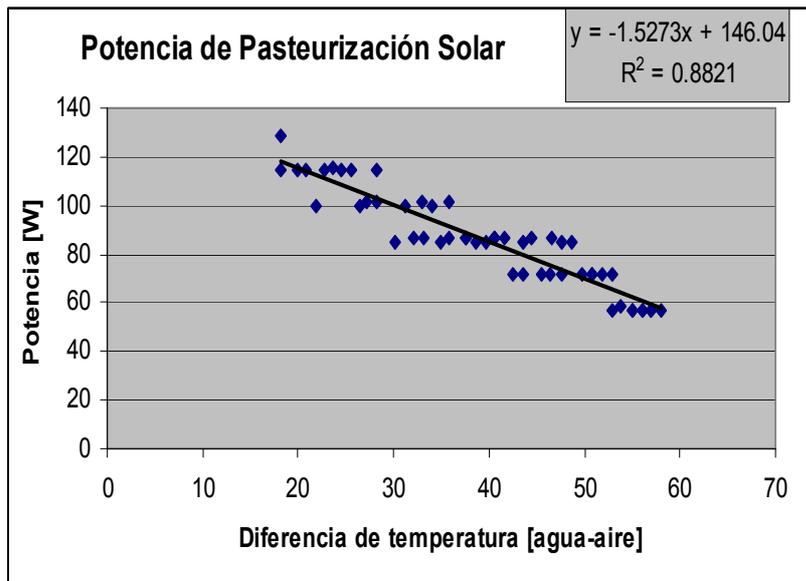


Figura 7: Potencia de pasteurización en función de la diferencia de la temperatura líquido-aire.

Finalmente se puede indicar el rendimiento del sistema tal como ha sido diseñado y utilizado, tomando en consideración la relación potencia útil, indicada en la Figura 7 y la potencia solar incidente. La Figura 8 muestra los valores de rendimiento térmico del sistema en función de la diferencia de temperatura líquido-aire. Como se puede observar, el mismo varía entre 20 y 40%, rendimiento usual para equipos que utilizan energía solar de baja temperatura.

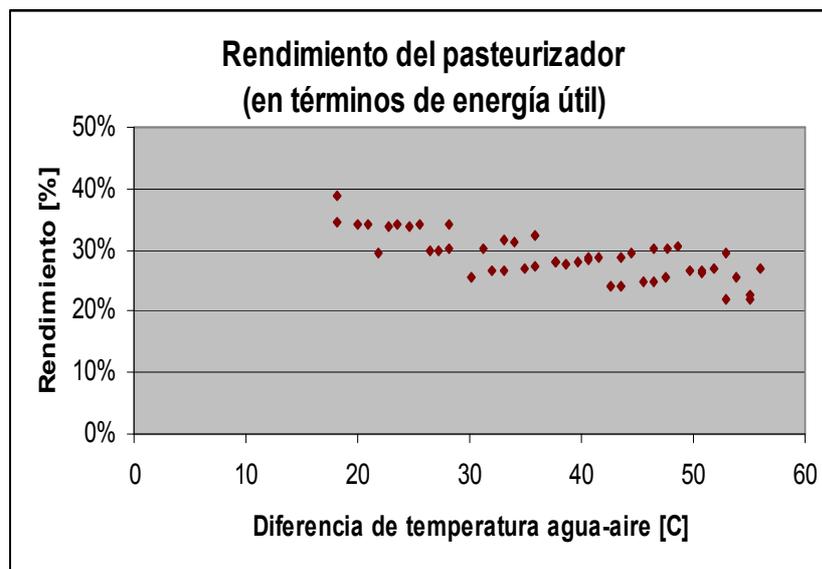


Figura 8: rendimiento térmico del sistema

CONCLUSIONES

Se presenta el comportamiento térmico del horno solar utilizado como pasteurizador. Se puede observar que el tiempo en el cual se realiza la operación resulta variable dependiendo de la intensidad solar, razón por la cual, sería necesario contar con un termómetro que permitiera el control de la temperatura para asegurarse efectivamente de alcanzar los 72°C requeridos. Sin embargo, las características del proceso son tales, que el tiempo empleado para alcanzar ese nivel térmico, resulta mucho mayor que el rango de tiempo necesario para un nivel de mortandad determinado, por lo tanto, el sistema resulta muy apropiado para realizar la operación con efectividad.

REFERENCIAS

- Franco J., Caso R., Fernández C., Javi V., Saravia L. 2004. Aplicación de un concentrador tipo Fresnell para pasteurizar leche de cabra. AVERMA N° 8, art.083. Ed. INENCO. Salta.
- Castell M.E., Collares Pereira M., Fonseca Fonseca S., Finck Pastrana A., Esteves A. 2001. "Protocolo de Ensayos de Cocinas Solares de la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (Ricsa)". *I Conf. Iberoamericana de Energ. Renov. y III Cong. Latinoam. y del Caribe de Cocinas Solares*. Ed. en CD. Ed. Flores Barahona M., Saravia L, Quiroga M. La Ceiba, Honduras. T 24, 2001. ISBN 987-20105-1-X.
- Esteves A. 1998. "Horno Solar de Cubierta Vidriada Horizontal para Altas Latitudes". *Rev. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 2, N° 1, pp. 02.121/124. Argentina.

ABSTRACT: in the Rural Communities that work with goat cattle, it is necessary to count on economic diversification, of way to make them less vulnerable to the unfavorable situation that means this activity. These communities are in places so away of cities with sources of energy supply and therefore, the use of the existing natural resources is critical to obtain its sustainability. It is presented thermal performance of a used solar furnace like milk pasteurizer. This milk will be destined to the cheese manufacture. The time demanded for the pasteurización of 4,2 liters of liquid is of 135 to 200 minutes, depending if previous pre-heating of solar oven and the power is between 120 to 60W. Usefull energy produced by the system is located between 20 and 40%, typical of the solar systems applications of low temperature.

Keywords: solar cooking, solar pasteurization, solar energy.