



Title: Determinación y análisis experimental de las propiedades termofísicas de la manzana durante su proceso de cocción en una estufa solar de tipo caja

Author: Hilario, TERRES-PEÑA

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 12
Mail: *tph@correo.azc.uam.mx*
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	Republic of Congo
Ecuador	Taiwan	
Peru	Paraguay	Nicaragua

1. Introducción

Se han realizado diseños variados sobre estufas solares que han resultado en mejoras del aprovechamiento de la energía solar.

Entre estas mejoras la temperatura máxima alcanzada para el calentamiento o cocción de alimentos ha sido un parámetro mejorado al paso del tiempo. Sin embargo, el tiempo para lograr los valores máximos de temperatura posibles han resultado ser hoy en día el problema a resolver ya que éste sigue siendo susceptible de mejora.

Los conocimientos de las propiedades térmicas de los alimentos resultan de gran utilidad para la realización de cálculos y estimaciones en los mecanismos de transferencia de calor que participan en los procesos de calentamiento, refrigeración, congelamiento o secado de los mismos.

Las propiedades térmicas de alimentos tienen una asociación directa con la composición química y la temperatura, el conocimiento de estas resulta muy importante para desarrollo y aplicación de los dispositivos de energía solar, tal y como es el caso de la estufa solar, donde los valores son inexistentes en la literatura especializada.

En este trabajo se muestran los resultados y análisis tanto de la evolución de temperatura de cocción de manzana, así como de las propiedades que se determinan: densidad, calor específico, conductividad térmica y difusividad térmica mediante una estufa solar tipo caja.

Con los resultados obtenidos se pueden determinar modelos matemáticos que permitirían establecer las propiedades térmicas de los constituyentes individuales.

2. Implementación experimental en la estufa solar



Figura 1 Estufa solar tipo caja

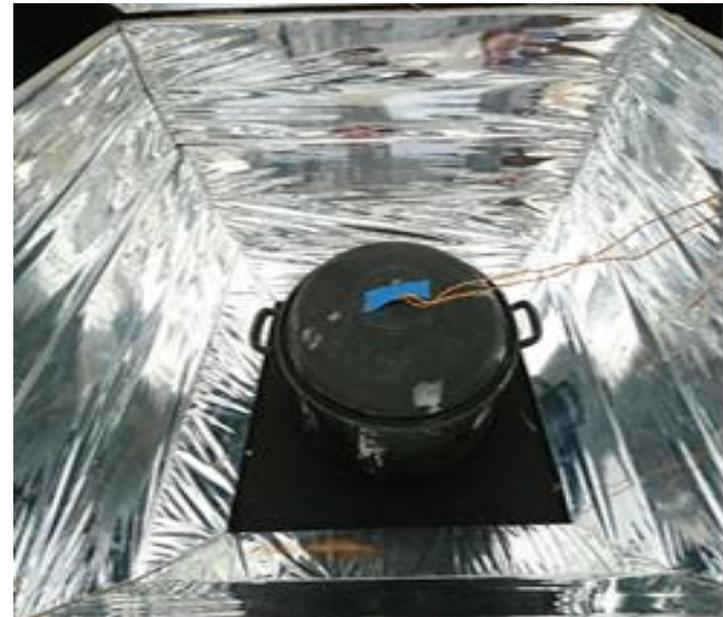


Figura 2 Recipiente en el interior de la estufa solar

2. Implementación experimental en la estufa solar



Figura 1 Estufa solar tipo caja

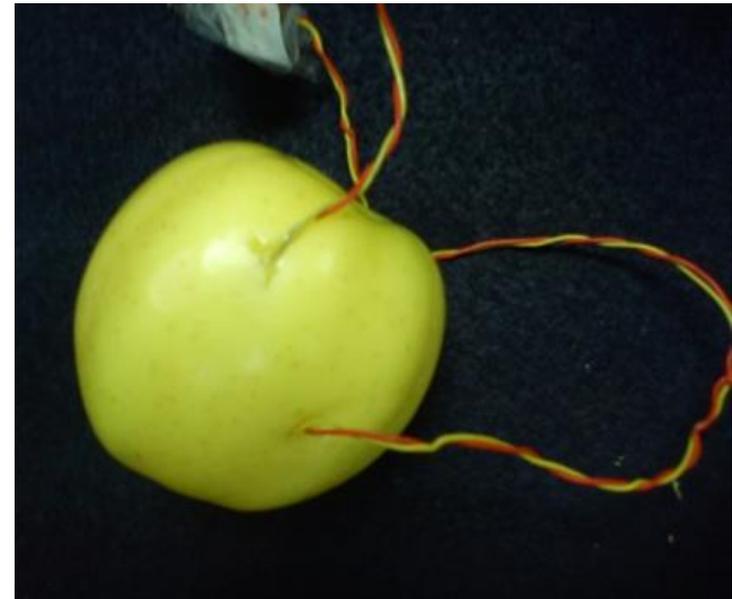


Figura 2 Recipiente en el interior de la estufa solar

3. Resultados experimentales y numéricos

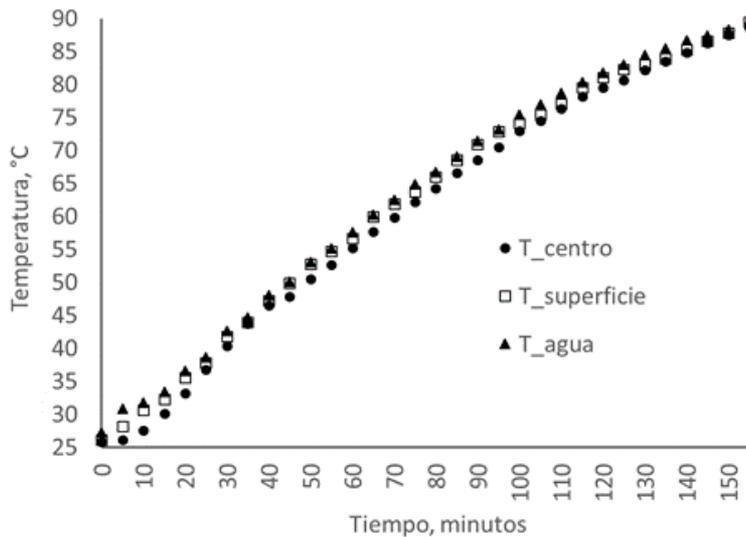


Gráfico 1 Temperaturas: centro-superficie de la manzana y agua

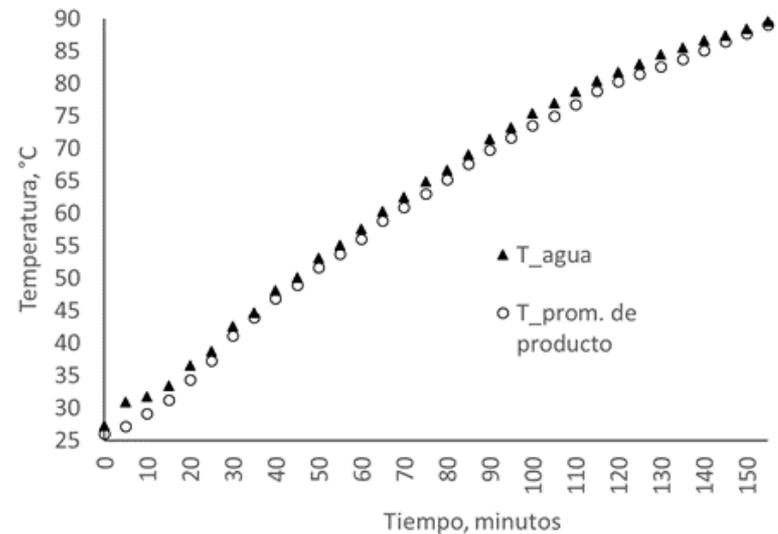


Gráfico 2 Temperatura promedio de la manzana comparada con el valor del agua

3. Resultados experimentales y numéricos



Figura 5 Apreciación física de la cocción de la manzana

3. Resultados experimentales y numéricos

Densidad

$$\rho = \frac{1}{\frac{x_i}{\rho_{H_2O}} + \frac{x_i}{\rho_{proteina}} + \frac{x_i}{\rho_{grasa}} + \frac{x_i}{\rho_{carbohidratos}} + \frac{x_i}{\rho_{fibra}}}$$

Conductividad Térmica

$$k = k_{H_2O}x_i + k_{proteina}x_i + k_{grasa}x_i + k_{carbohidratos}x_i + k_{fibra}x_i$$

x_i = Componente fraccional del producto

$$\rho_{H_2O} = 997.18 + 0.00031429T + 0.0054731T^2$$

$$\rho_{proteina} = 1329.9 - 0.5185T$$

$$\rho_{grasa} = 925.59 - 0.41757T$$

$$\rho_{carbohidratos} = 1329.9 - 0.5185T$$

$$\rho_{fibra} = 1311.5 - 0.36589T$$

$$k_{H_2O} = 0.57109 + 0.0017625T - 0.0000067036T^2$$

$$k_{proteina} = 0.17881 + 0.0011958T - 0.0000027178T^2$$

$$k_{grasa} = 0.18071 - 0.0027604T - 0.00000017749T^2$$

$$k_{carbohidratos} = 20141 + 0.0013874T - 0.0000043312T^2$$

$$k_{fibra} = 0.18331 + 0.0012497T - 0.0000031683T^2$$

3. Resultados experimentales y numéricos

Calor específico

$$C = C_{H_2O}x_i + C_{proteina}x_i + C_{grasa}x_i + C_{carbohidratos}x_i + C_{fibra}x_i$$

x_i = Componente fraccional del producto

$$C_{H_2O} = 4176.2 - 0.090864T - 0.0054731T^2$$

$$C_{proteina} = 2008.2 + 1.2089T - 0.0013129T^2$$

$$C_{grasa} = 1984.2 - 1.4733T - 0.0048008T^2$$

$$C_{carbohidratos} = 1548.8 + 1.9625T - 0.0059399T^2$$

$$C_{fibra} = 1845.9 + 1.8306T - 0.0046509T^2$$

Difusividad térmica

$$\alpha = \frac{k}{\rho C}$$

3. Resultados experimentales y numéricos

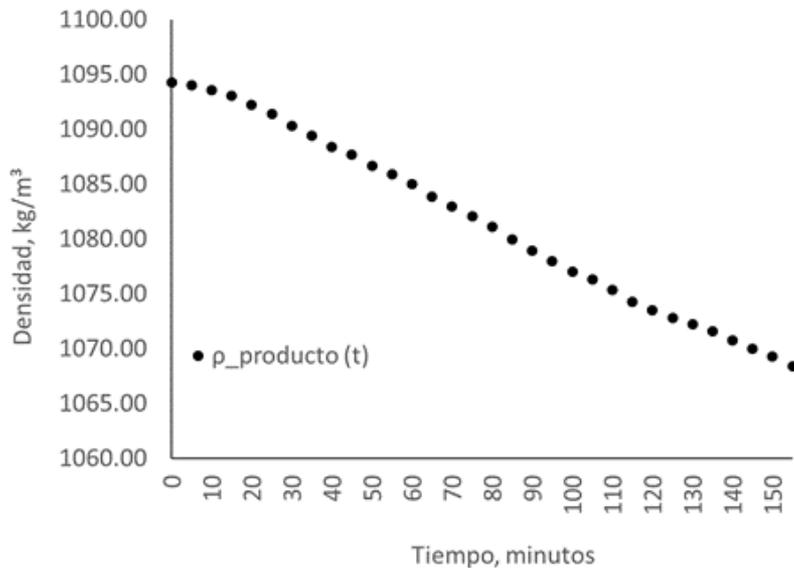


Gráfico 3 Densidad en función de la temperatura

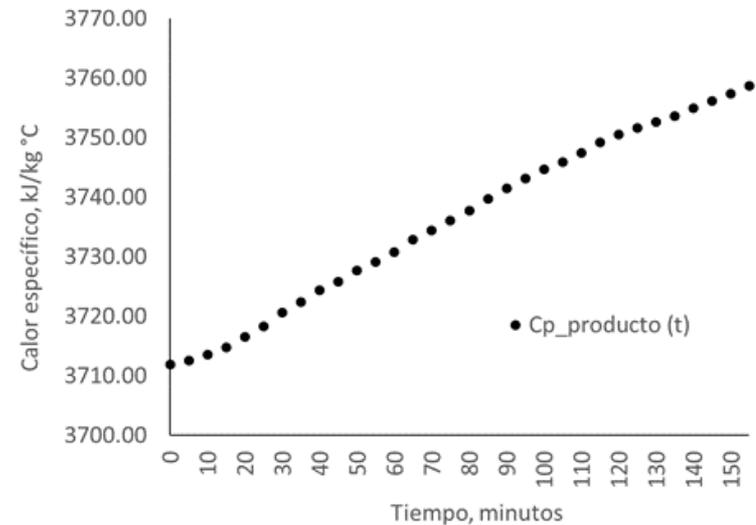


Gráfico 4 Calor específico en función de la temperatura

3. Resultados experimentales y numéricos

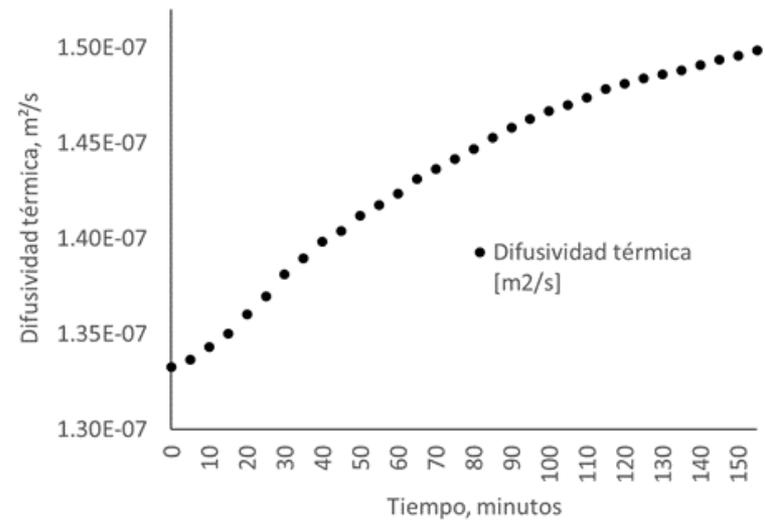
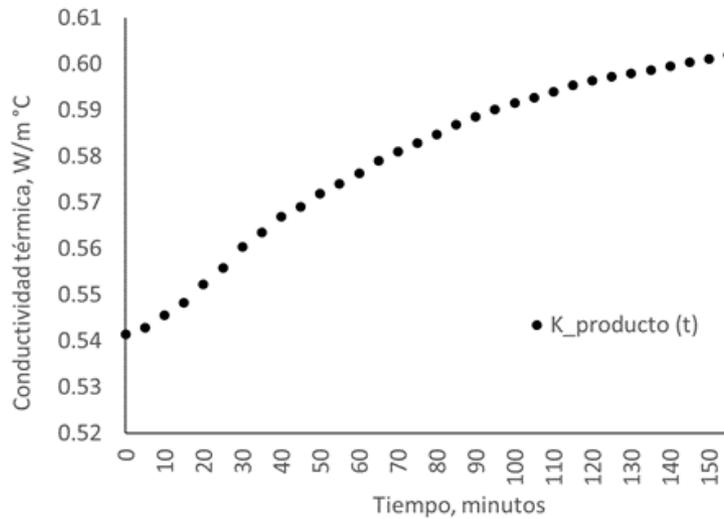


Gráfico 5 Conductividad térmica en función de la temperatura

Gráfico 6 Difusividad térmica en función de la temperatura

4. Discusión

Los resultados obtenidos y mostrados en el gráfico 1, indican que el comportamiento de las temperaturas es en el orden $T_{\text{agua}} > T_{\text{superficie}} > T_{\text{centro}}$, los cuales son consistentes con el mecanismo físico del calentamiento del agua.

Al finalizar la prueba, los valores máximos de temperatura alcanzados son 89.6 °C, 89.5 °C y 88.7 °C que corresponde respectivamente a los valores de temperatura para el agua, la superficie de la manzana y el centro de la misma.

Los resultados obtenidos para los valores de la densidad, gráfico 3, muestran una disminución de ésta cuando se incrementa la temperatura, hecho físico esperado, la disminución lograda es de 25.85 kg/m³, lo que representa una disminución de 2.36 %.

El calor específico, gráfico 4, presenta un incremento de 46.78 kJ/kg °C, lo que en términos porcentuales representa un aumento de 1.24%.

En el caso de la conductividad térmica, gráfico 5, el incremento fue de 0.06 W/m °C que corresponde a un aumento del 11.1 %.

Para los valores asociados a la difusividad térmica, gráfico 6, se aprecia un incremento de 1.66 X 10⁻⁸ m²/s, que representa un valor de 12.78%.

Todos los valores logrados son consistentes con los reportados en la literatura especializada (Choi y Okos (1986)).

4. Discusión

La temperatura de cocción de la manzana se estima en un valor aproximado a los 68 °C, por tanto, el valor logrado garantiza la cocción completa del producto.

Para establecer una interpretación matemática de la densidad de los alimentos se requiere tanto del conocimiento de su porosidad, así como de la fracción y la densidad totales de los componentes. Este parámetro se contempla estudiar en futuros trabajos.

El calor específico de alimentos se puede utilizar para calcular la carga de calor para lograr el proceso de cocción de alimentos.

La conductividad térmica permite establecer la resistencia que el producto presenta al flujo del calor a través de él.

La difusividad térmica es el parámetro que caracteriza la velocidad del flujo de calor a través del producto como medio.

5. Conclusiones

Mediante experimentación se determinaron las temperaturas características que se generan durante el proceso de cocción de manzana en una estufa solar.

Los valores logrados permiten precisar la calidad del proceso de cocción a partir de los valores de temperatura en el agua y la manzana.

La determinación de las propiedades termofísicas provee información que no existe en la literatura especializada para el caso específico de cocción de manzana en una estufa solar.

Los resultados obtenidos pueden resultar de gran utilidad para establecer modelos matemáticos para determinar las propiedades térmicas de los constituyentes individuales de la manzana.

Se contempla para futuros trabajos extender un estudio más amplio para otros productos de uso doméstico, lo que permitirá promover el uso de las energías renovables como un complemento en los procesos de cocción y calentamiento de alimentos.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)