

## CINÉTICA DE LA TEMPERATURA EN LA COCCIÓN DEL FRIJOL EN TRES MÉTODOS

DAYANA LEÓN-CORTÉS<sup>1</sup>, GUILLERMO VARGAS-ELÍAS<sup>2</sup>, BRYAN BADILLA-MENA<sup>3</sup>, PATRICIA OREAMUNO-FONSECA<sup>4</sup>, DIEGO BOGANTES<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bach., Estudiante de Agronomía, U.C.R., [leoncortesdayana@gmail.com](mailto:leoncortesdayana@gmail.com)

<sup>2</sup> D. Sc., Ing. Agrícola. Profesor. Centro de Investigaciones en Granos y Semillas - U.C.R.,

<sup>3</sup> Bach., Estudiante de Agronomía, U.C.R.,

<sup>4</sup> M. Sc., Profesora. Universidad Estatal a Distancia (UNED), estudiante de Doctorado, U.C.R.

<sup>5</sup> M. Sc., Ingeniería Industrial, T.E.C. Estudiante de Ing. Química, U.C.R.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMEN:** Los granos de frijol común son consumidos diariamente en la dieta de los costarricenses, en su preparación varía desde el método de cocción hasta el tiempo de remojo en agua. El objetivo de este trabajo fue representar el efecto del calentamiento del agua según el método de cocción del frijol rojo y negro en diferentes tratamientos: cocción normal, lenta y a presión. Se utilizaron ollas de 4 L, y como fuente de energía en cocción normal y a presión, se utilizó una cocina de inducción y a gas, respectivamente. Se registró la temperatura de cocción con termómetros termopares tipo-K y se ajustó un modelo para representar el calentamiento del sistema con un coeficiente de determinación mayor que 0,89. Se determinó que hubo una diferencia de temperatura de 20°C entre los métodos de cocción del frijol, con 120, 100 y 80°C, para la olla de presión, normal y lenta, respectivamente. La rapidez del calentamiento del agua puede predecirse a partir de un modelo matemático.

**PALABRAS CLAVE:** calentamiento, modelo matemático, *Phaseolus vulgaris* L.

## KINETICS OF TEMPERATURE IN THE COOKING OF COMMON BEANS IN THREE METHODS

**ABSTRACT:** The common bean grains are consumed daily in the Costa Rican diet, their preparation varies from the cooking method to the soaking time in water. The objective of this work was to represent the effect of water heating according to the cooking method of red and black beans in different treatments: normal, slow and pressure cooking. Pots of 4 L were used and as a source of energy in normal and pressure cooking, an induction and a gas cooker were used, respectively. The cooking temperature was recorded with K-type thermocouple and a model was fitted to represent the heating of the system with a coefficient of determination greater than 0.89. It was determined that there was a temperature difference of 20 °C between the bean cooking methods, with 120, 100 and 80 °C, for the pressure cooker, the normal and the slow cooker, respectively. The rate of heating of water can be predicted from a mathematical model.

**KEYWORDS:** heating, mathematic model, *Phaseolus vulgaris* L.

**INTRODUCCIÓN:** El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) ha sido una leguminosa de importancia alimenticia durante años por su alto aporte proteico a bajo costo en comparación con la proteína animal; además, los granos proporcionan fibra dietética, carbohidratos, minerales, vitaminas y antioxidantes que en conjunto con el arroz se vuelve parte de la dieta diaria de los brasileños (KARAVIDAS et al., 2022; SANTIAGO-RAMOS et al., 2018). Para su consumo es necesaria la cocción, un proceso térmico que permite una adecuada palatabilidad del grano (WAINAINA et al., 2021). Hay distintos mecanismos para realizar este proceso, como el cocimiento normal que consiste en hervir los granos en presencia de agua en una olla con tapa y la compensación del agua perdida por la evaporación al llegar a temperaturas de 95-100 °C (SIEGEL; FAWCETT, 1976; WAINAINA et al., 2021). Otro mecanismo, el cocimiento bajo presión, que permite reducir el tiempo del cocimiento se basa en un sistema sellado de vapor de agua presurizado, que puede llegar a temperaturas entre 110 y 135 °C (DRULYTE; ORLIEN, 2019; WAINAINA et al., 2021). Por último, el cocimiento lento es el preferido por los costarricenses porque permite obtener granos suaves con buen sabor y caldo espeso (RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ; FERNÁNDEZ-ROJAS, 2015), el cual requiere de mayor tiempo de exposición al calor. El objetivo fue representar el efecto del calentamiento del agua y el método de cocción para el frijol rojo y negro en el cocimiento normal, lento y a presión.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Procesamiento Agrícola y de Granos del Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Se utilizó 500 g de granos de color rojo y negro, enteros, sin defectos y comercializados en Costa Rica. Para la cocción, se utilizó ollas de presión y cocimiento lento de 4 L, ambas de la marca TelStar, y ollas comunes de 4 L. Como fuente de calor en el cocimiento normal y de presión, se utilizó una plantilla de inducción y de gas, respectivamente. La temperatura durante la cocción se determinó dentro de cada olla con tres sensores termopares tipo K durante 1, 2 y 6 h en el cocimiento a presión, normal y lento respectivamente; y se registró por medio del software Scanlink2.

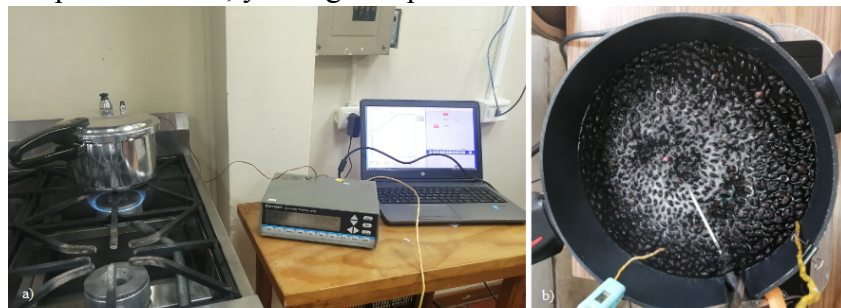


FIGURA 1. Sensores termopar y el software Scanlink utilizados para la determinación de la temperatura en los sistemas de a) cocimiento a presión y b) cocimiento normal.

El modelo de calentamiento de los granos fue descrito por la ecuación 1 (ABARCA, 2017).

$$T = (a/k) * (1 - \exp(-k*t)) + b*t + c \quad (1)$$

Donde:

T: es la temperatura del agua (°C)

t: es el tiempo efectivo del proceso de cocción (h)

a, b, c y k: son los coeficientes de la ecuación determinados por regresión no lineal.

El ajuste de los datos en la ecuación 1 se realizó en el programa SigmaPlot 15.0. Se obtuvo el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ) así como el error estándar (ESS) de cada ajuste.

**RESULTADOS E DISCUSIÓN:** La temperatura de cocción del frijol se ajustó adecuadamente con un coeficiente de determinación mayor a 0,89 (Tabla 1).

TABLA1. Coeficientes de ajuste para el calentamiento de granos de frijol rojo y negro.

Método	Tipo	Constante	Valor	SE	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	SEE
Cocimiento lento	Negro	a	42,9444	0,1398	0,9774	0,9774	2,5174
		b	0,2837	0,1015			
		k	0,7292	0,0083			
	Rojo	a	41,9112	0,1422	0,9845	0,9845	1,8071
		b	1,9156	0,0491			
		k	0,9376	0,0075			
Cocimiento Normal	Negro	a	243,5913	1,9817	0,9609	0,9608	3,4957
		b	-4,312	0,3638			
		k	3,1637	0,0465			
	Rojo	a	203,7184	3,4815	0,8922	0,8920	6,5356
		b	-12,0487	1,6177			
		k	2,2566	0,1012			
Cocimiento en olla de presión	Negro	a	499,8665	11,7960	0,9109	0,9107	8,5003
		b	-109,8259	17,5092			
		k	2,4296	0,2053			

SEE: error estándar de estimación. SE: error estándar.

Se observó que la temperatura del agua durante la cocción del frijol negro fue mayor en los dos métodos, por lo tanto, el modelo puede diferenciar entre las variedades por color, aunque su razón depende de las propiedades térmicas asociadas a sus propiedades fisicoquímicas (Figura 2). Al respecto, el grano negro utilizado es opaco y el rojo es brillante, lo que confiere distintas características de impermeabilidad de la testa; ya que se ha observado que las ceras de una cubierta brillante pueden limitar el ingreso del agua al interior de los granos (OREAMUNO, 2016), por ende, esto hace que la temperatura de todo el sistema de cocción del grano rojo sea menor.

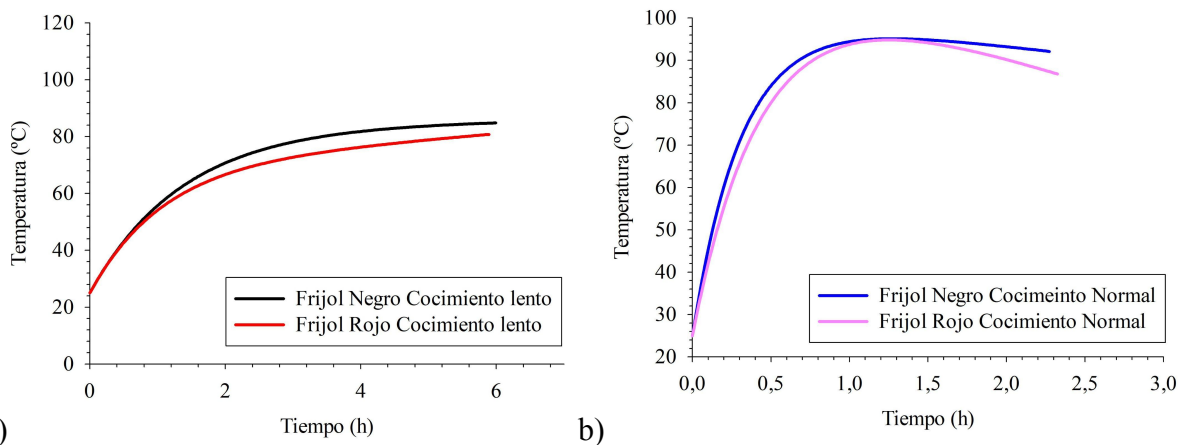


FIGURA 2. Ajuste en frijol rojo y negro en olla de cocimiento lento (a) y tradicional (b).

Hubo una diferencia de 20 °C entre los métodos de cocción del frijol. La temperatura máxima fue en la olla de presión con 120 °C, después se observó una disminución debida al aumento de la presión, mientras que el método tradicional a presión atmosférica estuvo por debajo de 100 °C y la cocción lenta se realizó a 80 °C (Figura 2 y 3). Se observó que el tiempo de cocción depende de la temperatura del agua, la que está directamente relacionada con el método seleccionado por el consumidor. Esta escogencia debe basarse en los estándares de calidad y nutrición que busca el consumidor, considerando utilizar el método con la cinética de calentamiento que permita mantener estas características del grano.

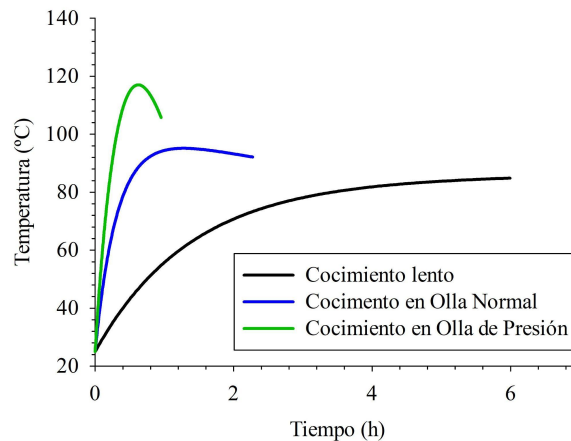


FIGURA 3. Cinética de la temperatura en los tres métodos de cocción del frijol negro. La preparación de los alimentos están sujetos al calentamiento debido al equipo utilizado, su rapidez y forma que puede estar relacionado a la composición nutricional, las propiedades físicas y a la variedad. La agroindustria de alimentos en frijol, ya sea entero o molido, debe considerar la calidad en función del tiempo de cocción.

**CONCLUSIÓN:** La temperatura del agua para la cocción del frijol depende del método. La rapidez del calentamiento del agua puede predecirse a partir de un modelo matemático.

**REFERENCIAS:** ABARCA MORA, Royner. **Estudio del proceso de torrefacción del café (*Coffea arabica*) en tostador convencional.** Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Agrícola. U.C. R. 2017. Disponible: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/75352>.

DRULYTE, Donata; ORLIEN, Vibeke. The Effect of Processing on Digestion of Legume Proteins. **Foods**, v. 8, n. 6, p. 224, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8060224>.

KARAVIDAS, Ioannis et al. Agronomic Practices to Increase the Yield and Quality of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 271, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020271>.

OREAMUNO FONSECA, Patricia. **Efecto de las altas temperaturas en el campo, el momento de la cosecha y almacenamiento tradicional sobre el tiempo de cocción y la imbibición de los granos de variedades de frijol común.** 2016. Universidad de Costa Rica, 2016. Disponible em: <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/16473>.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Shirley; FERNÁNDEZ-ROJAS, Xinia Elena. Prácticas de preparación y conservación de frijoles en familias costarricenses. **Agronomía Mesoamericana**, v. 26, n. 1, p. 153, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16938>.

SANTIAGO-RAMOS, David; FIGUEROA-CÁRDENAS, Juan de Dios; VÉLES-MEDINA, José Juan; SALAZAR, Ricardo. Physicochemical properties of nixtamalized black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Food Chemistry**, v. 240, n. February 2017, p. 456–462, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.156>.

SIEGEL, Alvin; FAWCETT, Brian. **Food legume processing and utilization, with special emphasis on application in developing countries.**

WAINAINA, Irene; WAFULA, Elizabeth; SILA, Daniel; KYOMUGASHO, Clare; GRAUWET, Tara; VAN LOEY, Ann; HENDRICKX, Marc. Thermal treatment of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Factors determining cooking time and its consequences for sensory and nutritional quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 4, p. 3690–3718, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12770>.