

# Predicción numérica de las condiciones óptimas de giro en el cocinado tipo plancha de hamburguesas

E. Hernández-Alhambra<sup>1</sup>, P. Guíu<sup>2</sup>, B. Calvo<sup>1</sup>, M. L. Salvador<sup>2</sup>, A. Ferrer-Mairal<sup>2</sup>, M.A Martínez<sup>1</sup>, J. Grasa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Applied Mechanics and Bioengineering - AMB- (T24-17R) Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
<sup>2</sup>Grupo de Investigación de Alimentos Vegetales, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2)

## Introducción

El cocinado depende de

- Transferencia de calor
- Transferencia de masa
- Cambio de volumen

### Objetivo

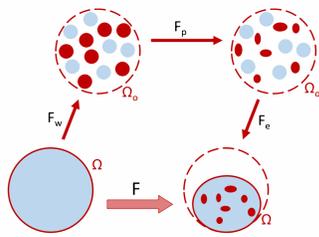
Establecer condiciones óptimas de cocción mediante un modelo validado del cocinado de hamburguesas en plancha por ambas caras.

## Material y métodos

$$\rho_{eff} C_{p,eff} \frac{\partial T}{\partial t} + \sum_w (\mathbf{n}_{w,G} \cdot \nabla (C_{eff,w} T)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T)$$

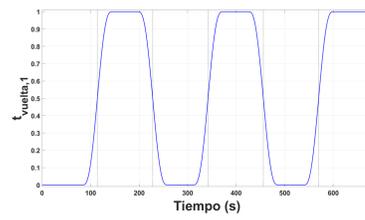
$$\frac{\partial c_w}{\partial t} + \nabla \cdot (c_w \cdot \mathbf{v}_{s,G}) = \nabla \cdot (D_w \nabla c_w + D_w T \nabla T)$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_w \mathbf{F}_p \mathbf{F}_e$$



## Modelo de elementos finitos

### Proceso de volteo



### Condiciones de contorno

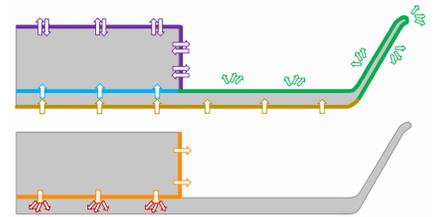


Figure 1. Cocinado lado 1

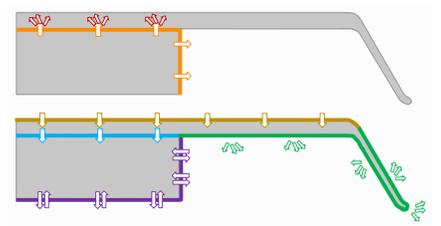
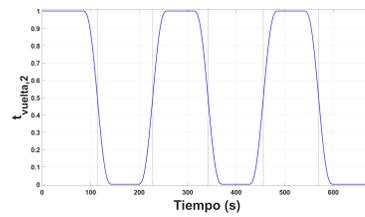


Figure 2. Cocinado lado 2

Difusividad    Conducción    Convección    Potencia    Goteo    Evaporación

## Resultados

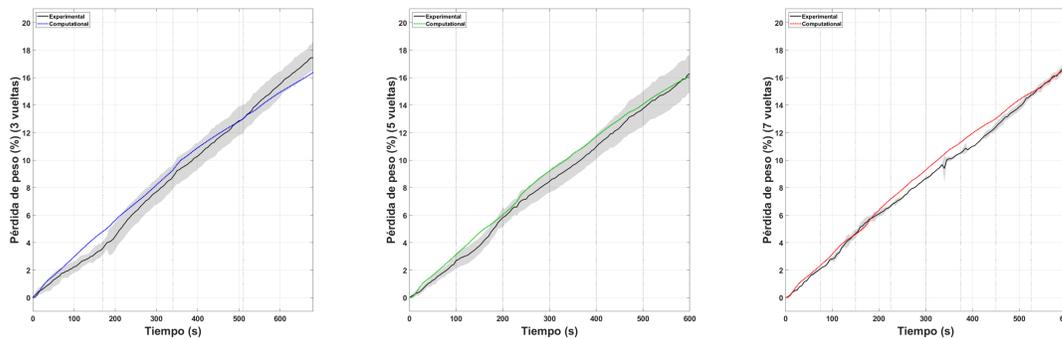


Figure 3. Pérdida de peso para diferentes cocinados

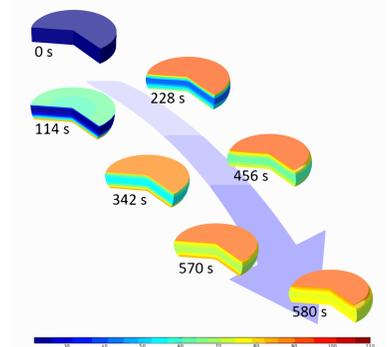


Figure 4. Evolución temporal de la temperatura interior. Cocinado de 5 vueltas

Con el modelo validado, y simulando diferentes combinaciones de tiempo final de cocción y número de volteos se obtuvieron las tres superficies de respuesta, donde las variables de interés se representan en función del número de veces que se voltea la hamburguesa y el tiempo total de cocción.

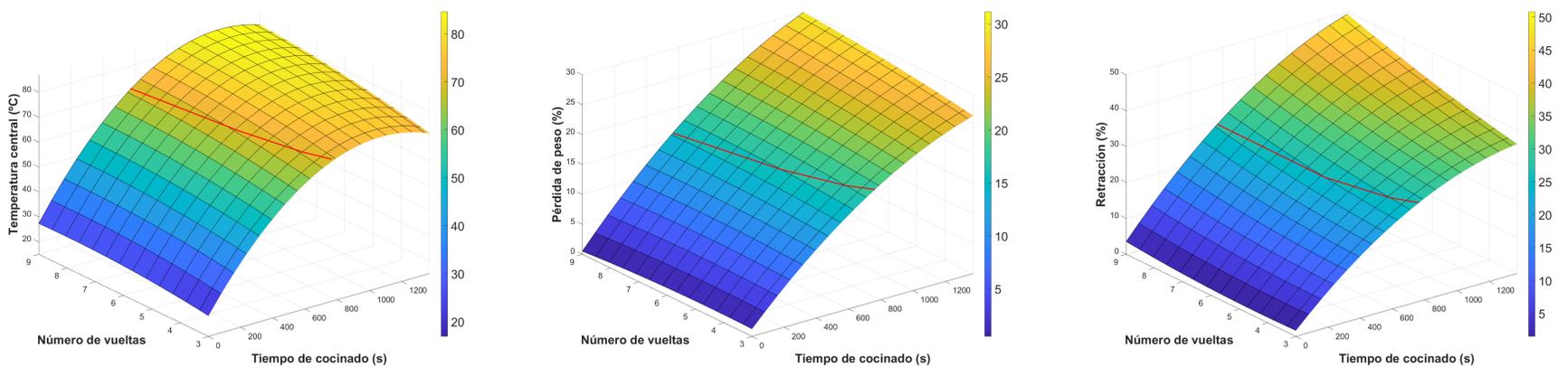


Figure 5. Superficies de respuesta para las tres variables de interés

## Conclusiones

- Aumentar el número de volteos reduce la retracción de la hamburguesa.
- El tiempo de cocción disminuye significativamente con tres o más volteos.
- Los volteos tardíos afectan la precisión en la predicción de la temperatura.
- No toda la retracción de la hamburguesa se debe a las pérdidas de agua por temperatura.
- Voltear frecuentemente da lugar en hamburguesas más tiernas.

## Agradecimientos

- Proyecto CPP2021-008938 HIPATIA financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next Generation EU/PRTR.
- Grupo BSH Electrodomésticos.
- Los autores desean agradecer el uso del Servicio General de Apoyo a la Investigación-SAI, Universidad de Zaragoza.

## Referencias

- Hernández-Alhambra, E., Guíu, P., Cabeza-Gil, I., Ferrer-Mairal, A., Martínez, M., Calvo, B., Grasa, J., Salvador, M., 2024. Towards domestic cooking efficiency: A case study on burger pan frying using experimental and computational results. *Journal of Food Engineering* 363, 111783.
- Moya, J.; Lorente-Bailo, S.; Salvador, María; Ferrer-Mairal, A.; Martínez, M.A.; Calvo, B.; Grasa, J.. (2021). Development and validation of a computational model for steak double-sided pan cooking. *Journal of Food Engineering*. 298. 110498.