

Cocción óhmica de masas batidas libre de gluten

Mattioli, N.G.^{1,2}, Olivera, D.F.^{2,3}, Salvadori, V.O.^{1,2}, Goñi, S.M.^{1,2*}
¹Fac. de Ingeniería, UNLP. *sandro.goni@ing.unlp.edu.ar
²CIDCA, CCT-CONICET La Plata.
³Fac. de Ciencias Veterinarias, UNLP.

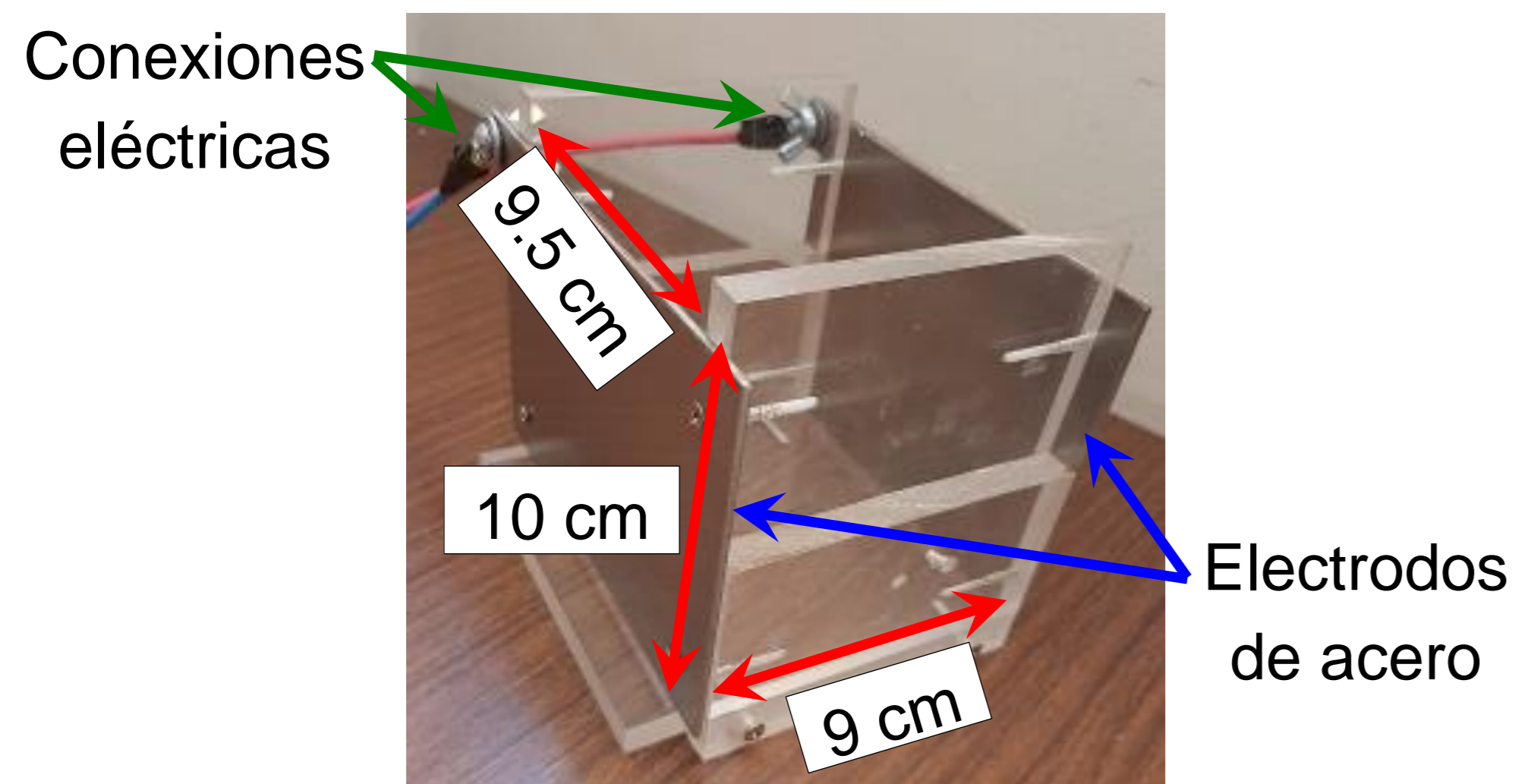
Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la cocción óhmica de masas batidas libre de gluten, y realizar un modelo matemático simple del sistema, como así también comparar esta tecnología con el horneado tradicional. Los resultados obtenidos indican que el calentamiento óhmico permite obtener tiempos de cocción y pérdidas de peso menores, mayor eficiencia energética, y parámetros de calidad aceptables.

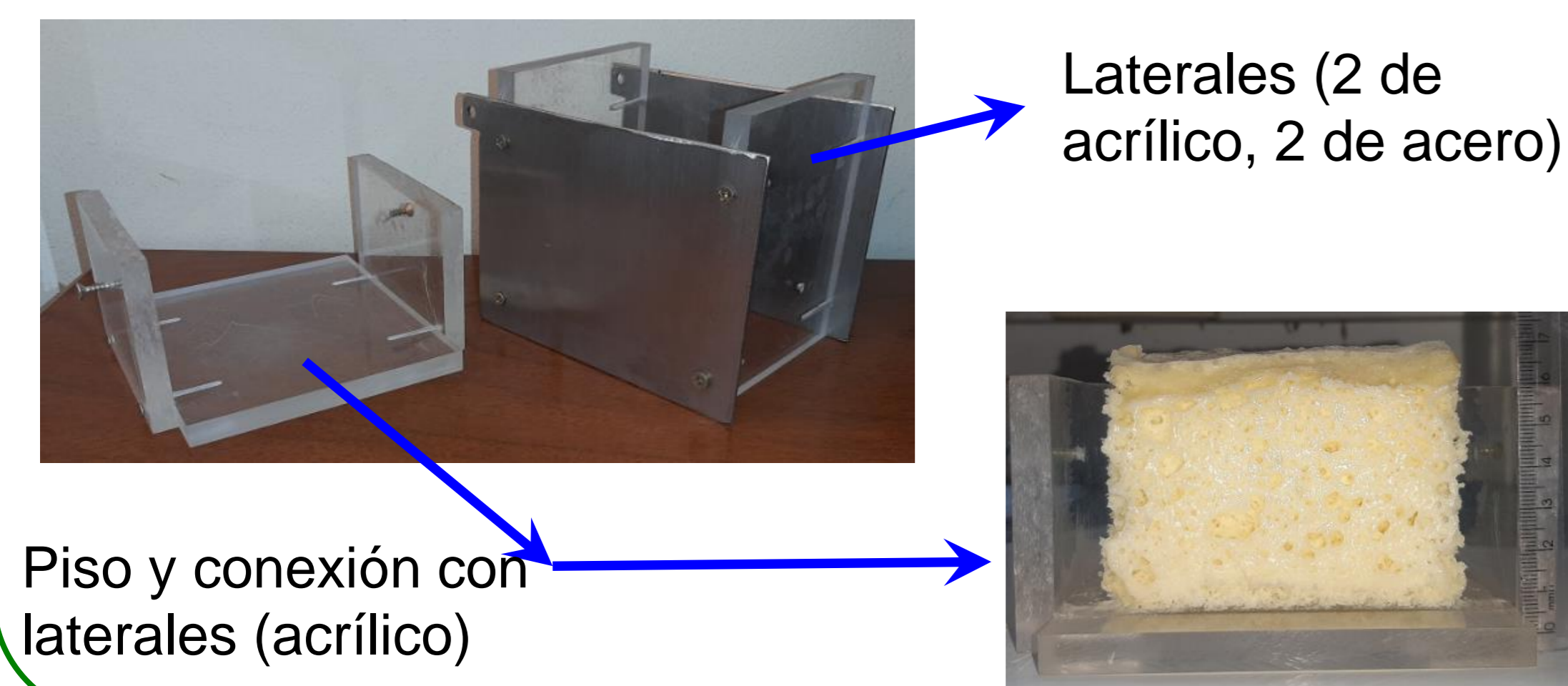
Introducción La cocción de panificados se realiza en hornos a gas o eléctricos. La transferencia de energía se produce desde la superficie hacia el interior del alimento, resultando en tiempos de cocción prolongados. Dado que el equipo se calienta, y al alto tiempo de uso, hay pérdidas considerables de energía hacia el ambiente. El consumo energético de la cocción representa ≈40% del proceso total de elaboración de productos cocidos ([1]). Las altas temperaturas de cocción producen características deseables (corteza, color, aromas), pero pueden producir compuestos nocivos ([2]). Por lo tanto, resulta de interés estudiar tecnologías que permitan disminuir los tiempos de cocción y el consumo de energía, manteniendo la calidad de los productos finales, y de esta manera mejorar la sostenibilidad medioambiental y la competitividad industrial. Esto puede lograrse empleando técnicas de calentamiento volumétrico ([3]), como calentamiento óhmico.

Materiales y métodos

Celda óhmica de acrílico:



Luego de la cocción, la celda puede desmontarse para retirar la muestra cocida



Producto: premezcla comercial libre de gluten (Molinos Río de la Plata, Argentina), leche y huevo entero.

Dosificación: altura inicial de masa aprox. 1.5 cm (124 g).

Suministro de energía: corriente alterna a 50 Hz (red domiciliaria), regulando la diferencia de potencial mediante un reóstato (de 0 a 220 V (máx.) en 1 minuto y luego constante).

Registro de datos: corriente y voltaje, temperatura en un punto interno de la muestra y temperatura superficial, evolución de la altura.

Producto final: determinación de pérdida de peso, densidad, textura, eficiencia energética, etc.

Control: cocción en horno eléctrico a 180 °C, usando un recipiente y masa inicial similares a la celda óhmica

Modelo de cocción (implementado en COMSOL™)

Dentro del alimento se resolvió el balance microscópico de energía, con condiciones de contorno convectivas:

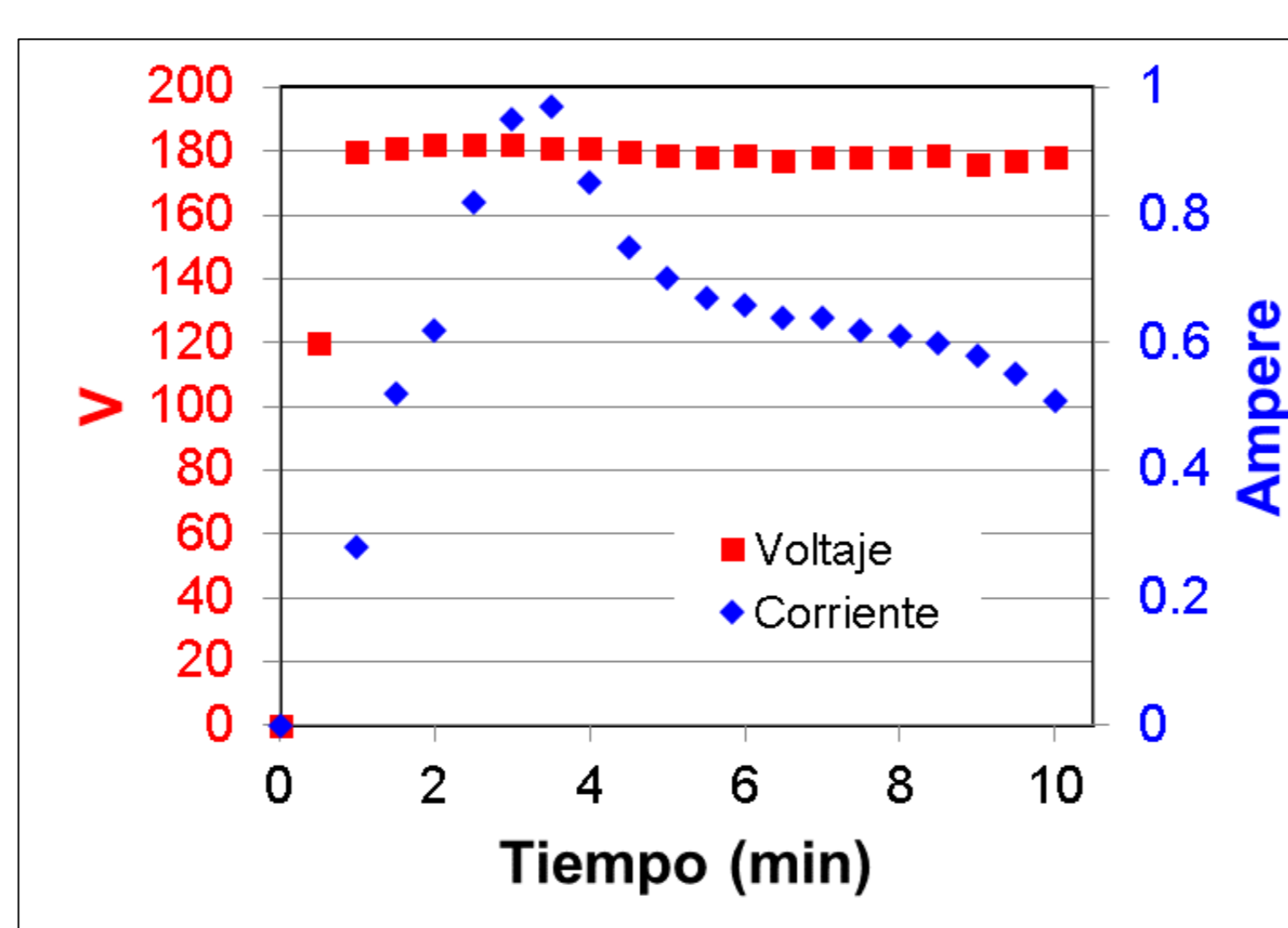
$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k\nabla T) + \sigma|\nabla V|^2$$

Y la distribución del campo eléctrico, con potencial 0 en un electrodo, y potencial variable en el otro:

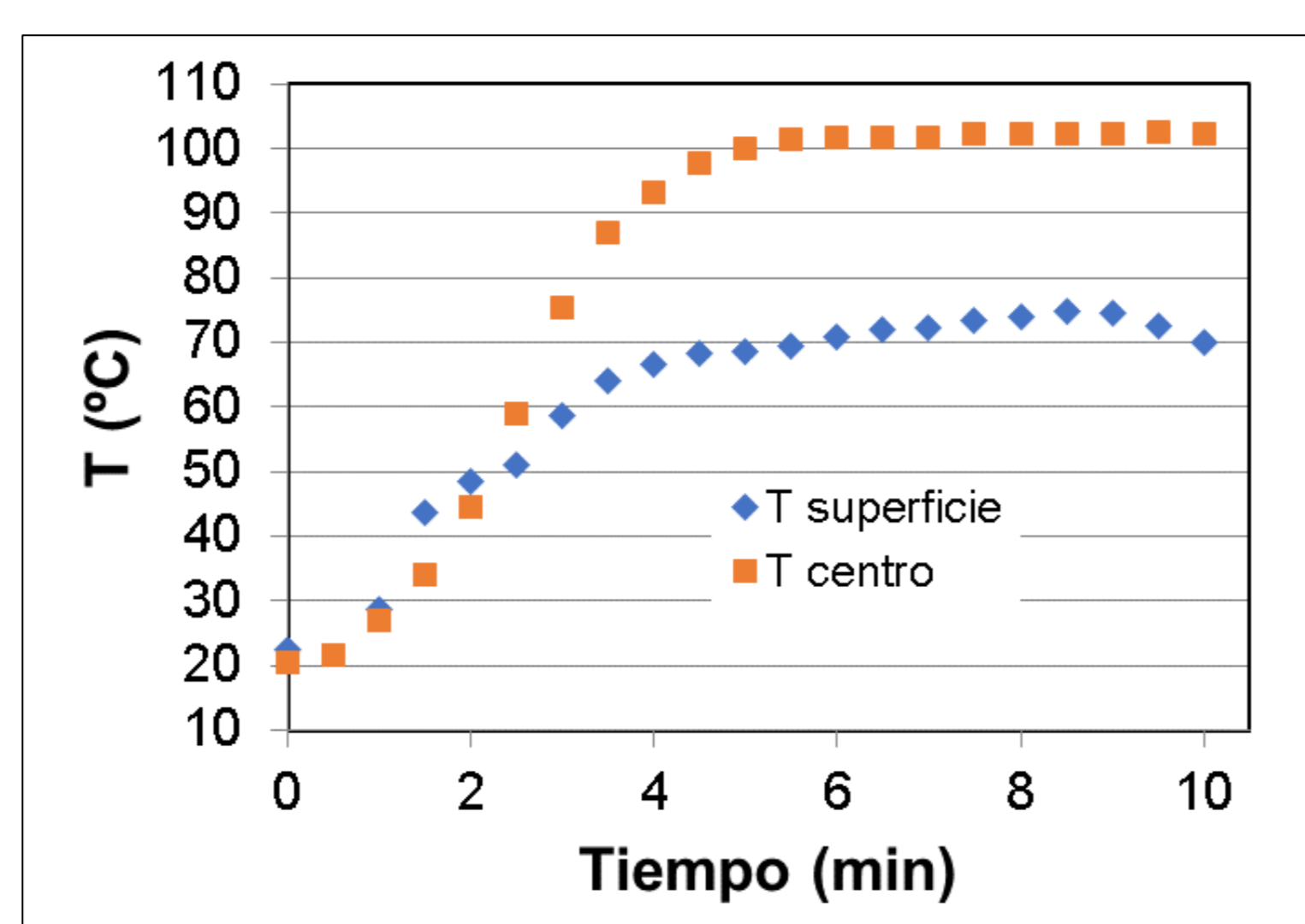
$$\nabla(\sigma\nabla V) = 0$$

Resultados y discusión

El voltaje se incrementó de 0 al valor final (180 V) en 1 min. La corriente aumenta linealmente con el tiempo (como la conductividad eléctrica del agua con la temperatura). Luego con la evaporación de agua se observa un cambio marcado en la corriente eléctrica que circula por la celda.



La cocción del interior de la muestra (T > 95 °C) demandó ≈4.5 minutos. Sin embargo, las regiones superficiales no llegaron a la temperatura necesaria debido a que el aire ambiente y el recipiente están más fríos y retardan el calentamiento; por lo tanto el horneado se continuó hasta 10 minutos.



Proceso óhmico:

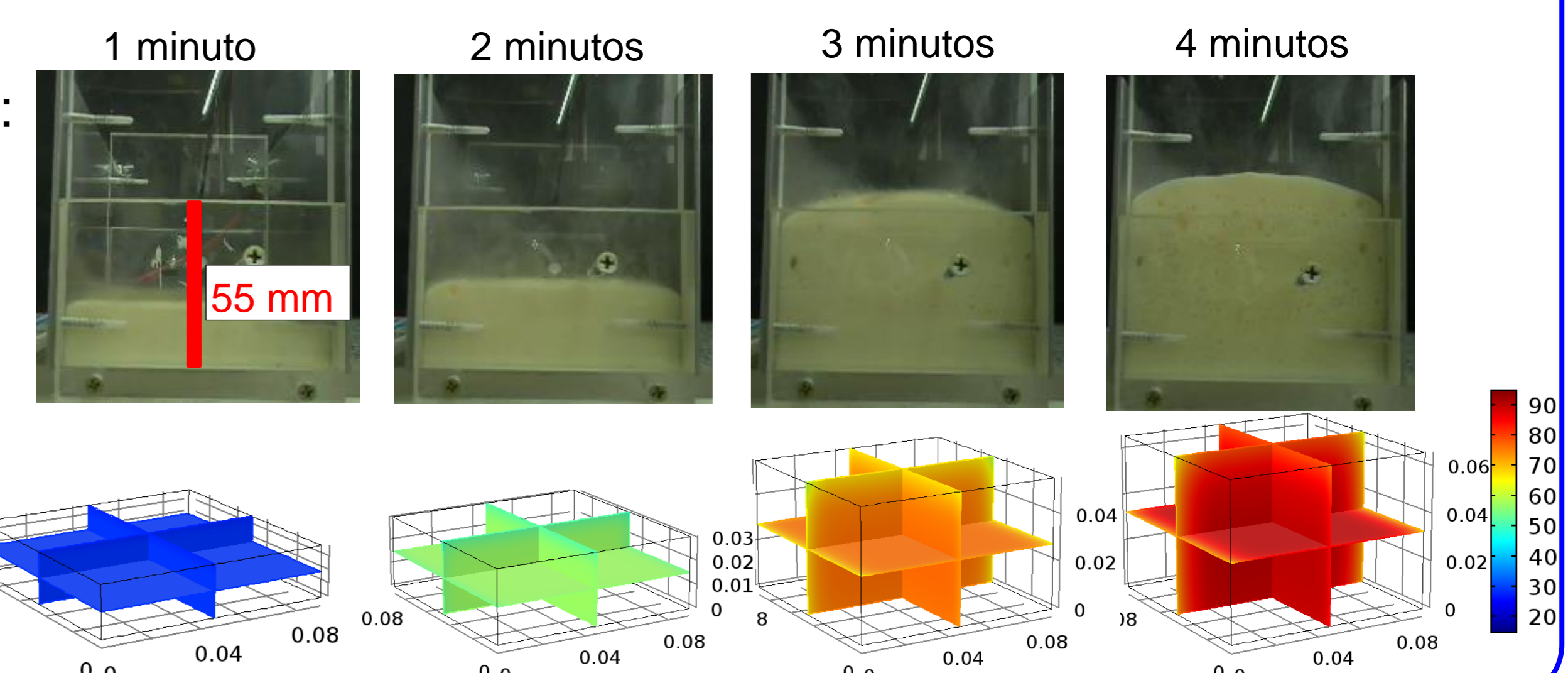
- * Mayor expansión.
- * Menor humedad de miga (la evap. es interna y se extendió la cocción).
- * El color superficial final es muy similar al inicial y la miga.
- * La eficiencia energética es mucho mayor. La eficiencia en el horneado tradicional puede mejorarse colocando más muestras en el horno.

Altura vs. Tiempo de proceso: Dicha variación se incorporó al modelo matemático.

El error para la temperatura promedio simulada, fue de 9.6%.

Comparación de parámetros tecnológicos y de calidad entre procesos

Parámetro	Convección natural	Óhmico, 180 V
Pérdida de peso (%)	5.1	4.9
Humedad de miga (% b.h.)	40.9 ^a (0.0)	34.6 ^b (0.6)
Altura final (cm)	4.1 ^a (1.1)	7.6 ^b (0.3)
Densidad de miga (kg/m ³)	334 ^a (35.9)	197 ^b (15.5)
Dureza (N)	1.19 ^a (0.26)	1.17 ^a (0.30)
Consistencia (Ns)	7.59 ^a (1.99)	7.26 ^a (1.44)
Eficiencia energética	6%	56%
Color interno (L*a*b*)	88.05 ^a (2.3) -0.04 ^a (0.8) 31.07 ^a (3.4)	87.55 ^a (2.4) 0.15 ^a (1) 24.88 ^b (2.5)
Color superficial (L*a*b*)	69.77 ^a (11.7) 15.28 ^a (6.2) 45.61 ^a (7.2)	83.24 ^b (6.2) 0.69 ^b (1.3) 27.69 ^b (2.8)



Conclusiones Respecto del horneado tradicional, los resultados indican claramente que la tecnología de calentamiento óhmico permite obtener tiempos de cocción y pérdidas de peso menores, mayor eficiencia energética, y parámetros de calidad aceptables. Como trabajo futuro, se mejorará la instrumentación del equipamiento, la medición de parámetros de calidad y tecnológicos, y se incorporarán al modelo los balances de materia necesarios para incorporar la pérdida de peso, como así también se determinarán de manera mas precisa las propiedades físicas del material.

Bibliografía

- [1] MGM (2018). Manual para la Evaluación de proyectos de Eficiencia Energética en Sector de Alimentos y Bebidas. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1326>
- [2] Mogol, B., Gökmen, V. (2016). Thermal process contaminants: acrylamide, chloropropanols and furan. Current Opinion in Food Science, 7, 86-92
- [3] Troy, D.J., Ojha, K.S., Kerry, J.P., Tiwari, B.K. (2016). Sustainable and consumer-friendly emerging technologies for application within the meat industry: An overview. Meat Science, 120, 2-9.

Agradecimientos. Este trabajo se financió con fondos provenientes de PICT 2020-01670, y Proy. Incentivos UNLP 11X888.