



IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

ULTRASONIDOS SIN CONTACTO: UN ENFOQUE INNOVADOR PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR AGROALIMENTARIO

Giacomozzi, Anabella; García Perez; Jose Vicente, Benedito, Jose
Instituto de Ingeniería de Alimentos-FoodUPV. Universitat Politècnica de València
Camí de Vera s/n, Edificio 3F, 46022 Valencia, España.
e-mail: asgiacom@upvnet.upv.es



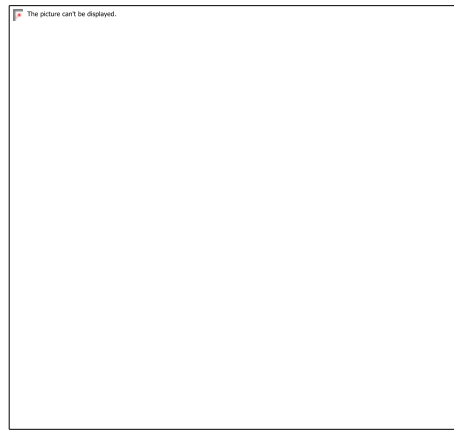
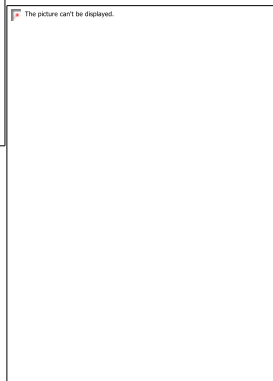
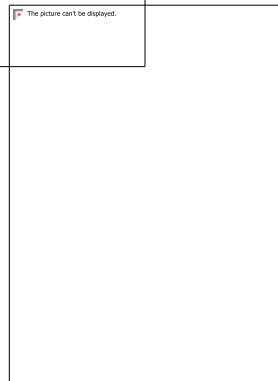
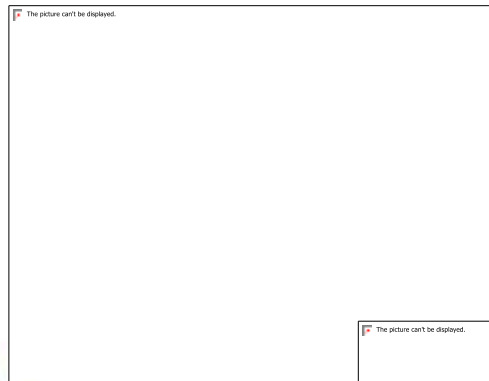
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

FoodUPV

Organiza:



TRANSFORMACIÓN DIGITAL



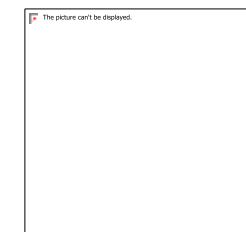
PROPIEDADES DE LOS ALIMENTOS

Externas
Color, forma, etc.



Internas

- Detección de cuerpos extraños
- Composición



ULTRASONIDOS



MEDICINA



100 kHz – 1 MHz, $<1 \text{ W/cm}^2$

- ✓ Medidas a tiempo real – 100% producción
- ✓ No-invasivo-destructivo
- ✓ Costo moderado
- ✓ Evita contaminación cruzada
- ✓ Adaptable a línea de procesos

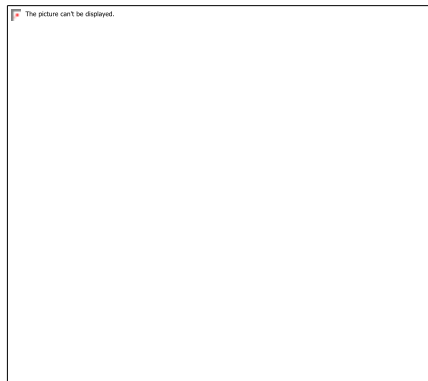
IND. ALIMENTARIA



INDUSTRIA 4.0 - PROCESADO INTELIGENTE

- Técnicas avanzadas de análisis de señal ultrasónica
- Técnicas de análisis multivariante masivo de datos

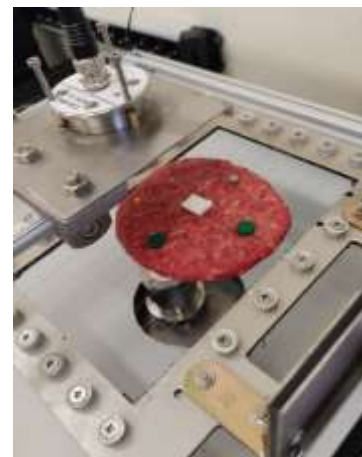
MODELOS MATEMÁTICOS PREDICTIVOS CONTROL DE PRODUCTO Y/O PROCESO



OBJETIVO:

Evaluar la aplicación de **ultrasonidos sin contacto** como técnica no destructiva para control de la calidad y seguridad alimentaria

- Detección de cuerpos extraños



- Análisis de propiedades fisicoquímicas



CASO 1: Estudio del contenido de humedad en láminas de lasaña

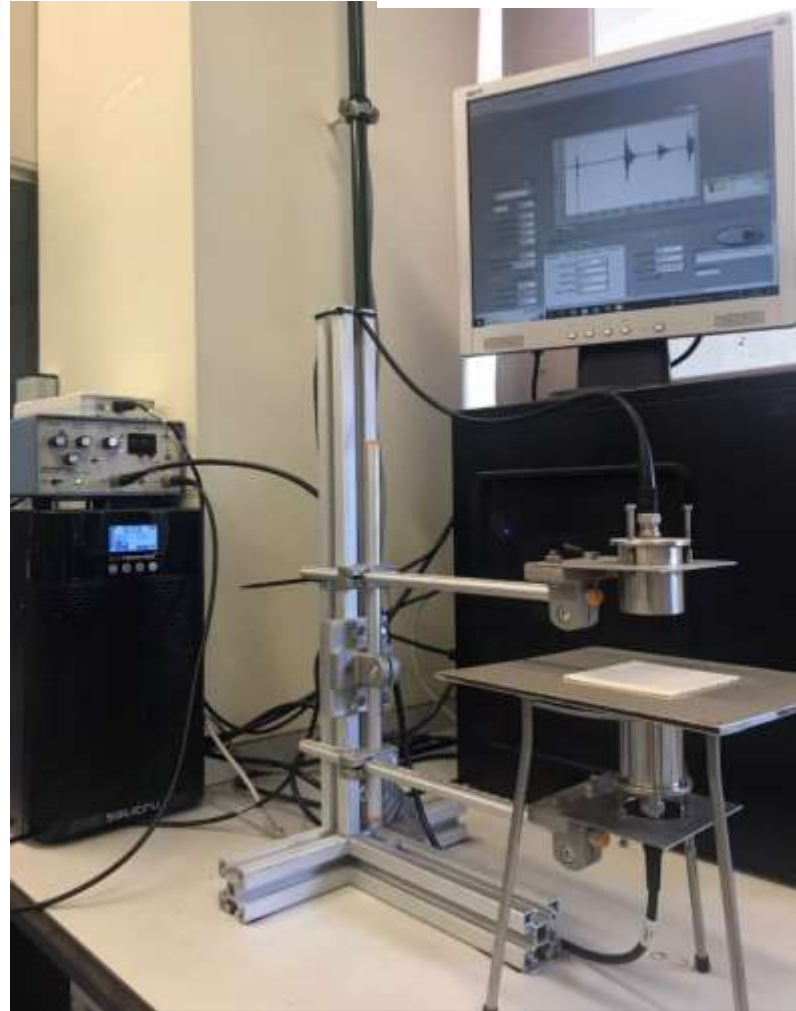


Fig 1. Configuración experimental para la medida ultrasónica.



MATERIALES Y MÉTODOS

- Láminas de lasaña comerciales
- Almacenamiento (30°C) – Sales (HR: 10 y 40%)

Parámetros ultrasónicos:

- Tiempo de vuelo (TOF)
- Velocidad ultrasónica

$$v = \frac{L}{\Delta\text{TOF} + \frac{L}{V_{\text{aire}}}}$$

$\Delta\text{TOF} = \text{TOF}_M - \text{TOF}_a$

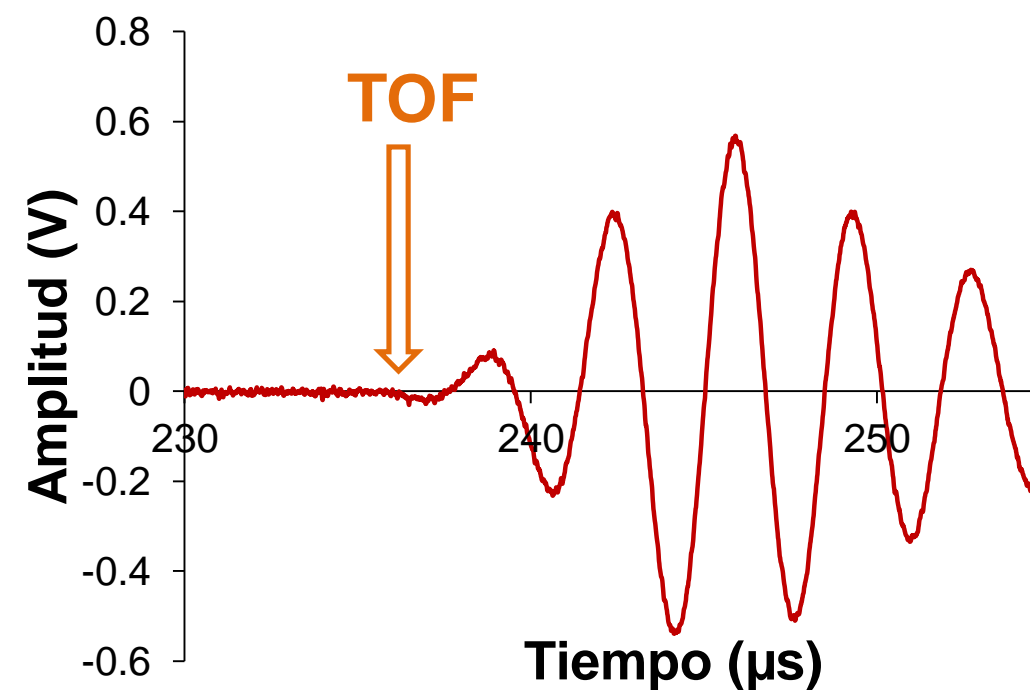


Fig 2. Análisis de la señal ultrasónica.

Parámetros texturales:

- Módulo de deformación



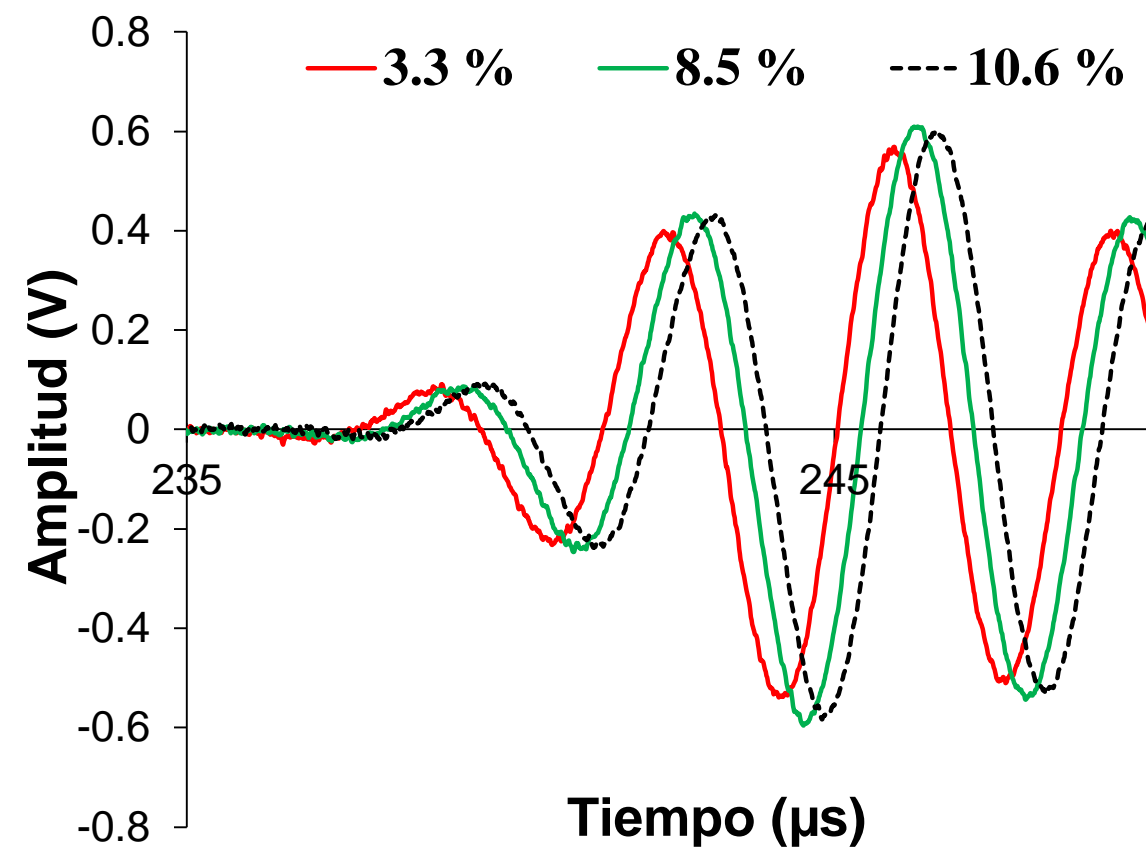
Fig 3. Análisis de textura.

RESULTADOS

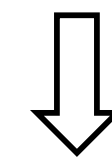


Tabla 1. Humedad, actividad del agua, y espesor de las muestras de lasaña.

Muestra	a_w	Humedad (% b.s.)	Espesor (mm)	TOF (μ s)
Comercial	0.561 ± 0.016	10.6 ± 0.21	1.17 ± 0.02	187.4
40 % H.R.	0.470 ± 0.006	8.5 ± 0.12	1.15 ± 0.02	187.2
10 % H.R.	0.223 ± 0.013	3.3 ± 0.13	1.12 ± 0.02	186.8



MENOR Contenido de
humedad



MENOR TOF

Fig. 4. Señales ultrasónicas en láminas de lasaña con distinto contenido de humedad (% base seca).

CORRELACIÓN ENTRE PARAMETROS ULTRASONICOS Y PROPIEDADES TEXTURALES



MENOR Contenido de humedad
MAYOR VELOCIDAD

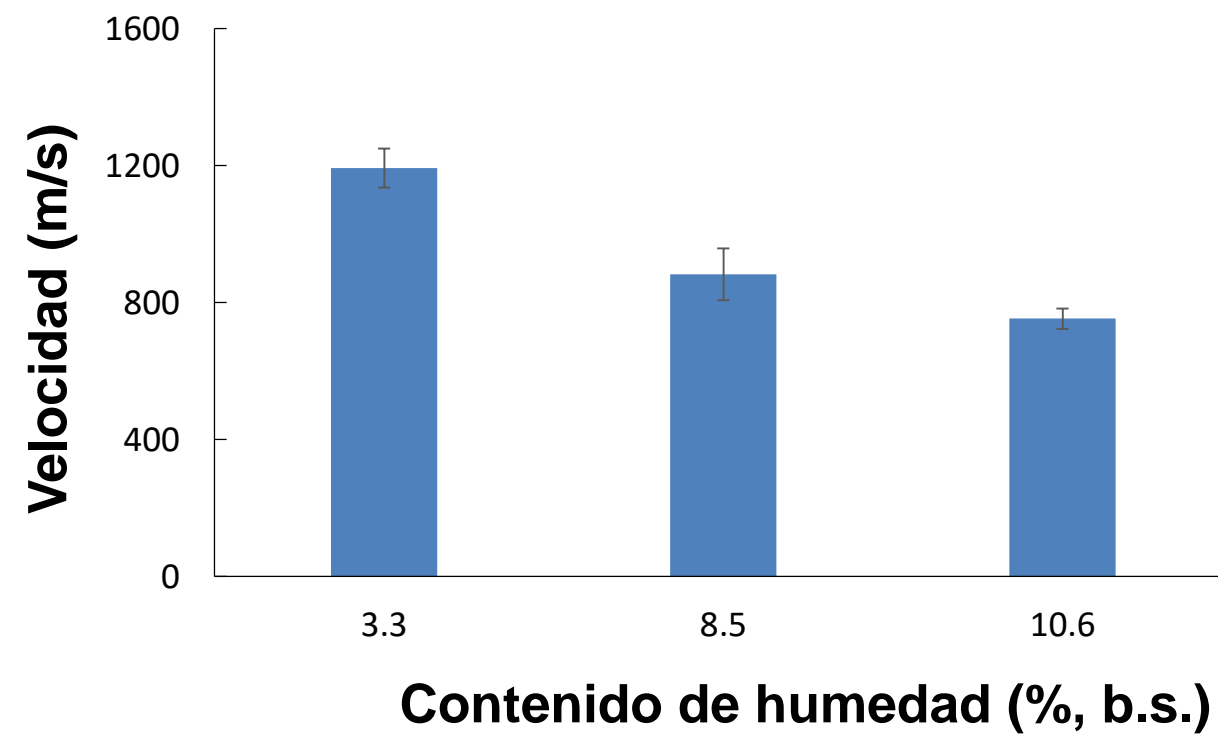


Fig. 5. Velocidad ultrasónica en láminas de lasaña con distinto contenido de humedad (% base seca).

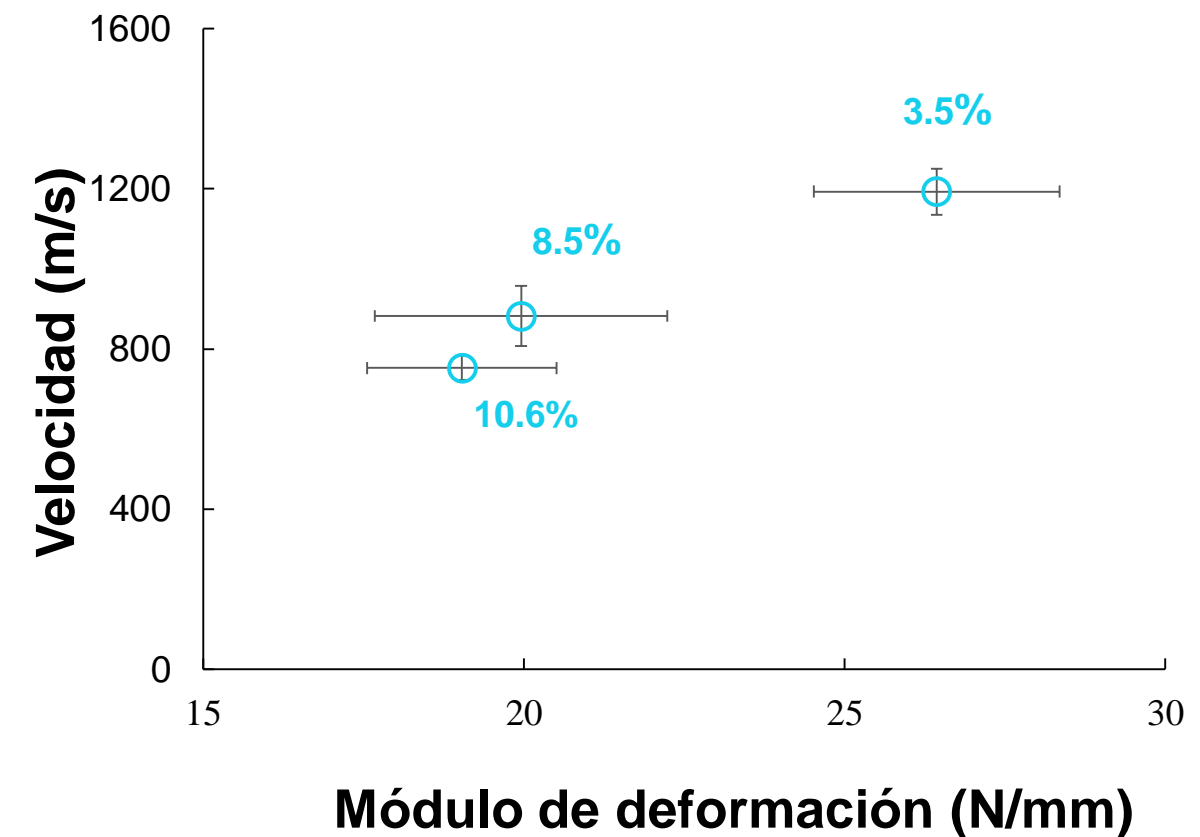
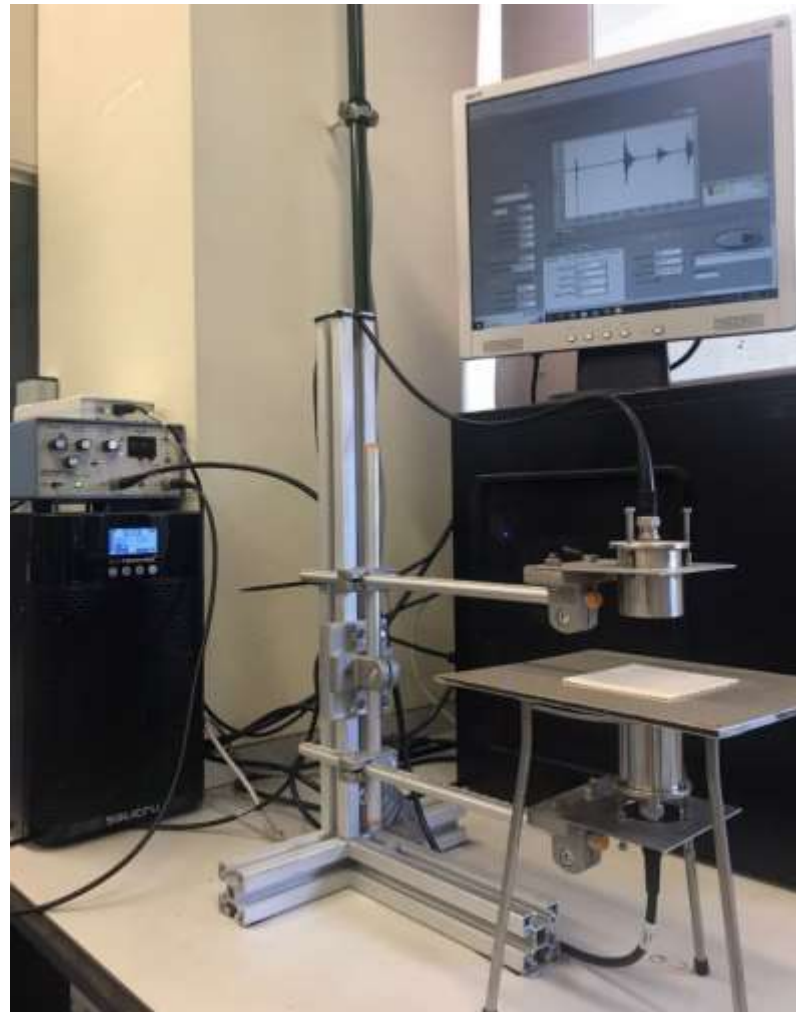


Fig. 6. Relación entre la velocidad ultrasónica y el módulo de rigidez en láminas de lasaña con distinto contenido de humedad (% base seca).

El incremento en el módulo de deformación de las láminas de lasaña como consecuencia de su menor contenido de humedad puede correlacionarse con un incremento en la velocidad ultrasónica a través de las mismas.

CASO 1: Estudio del contenido de humedad en láminas de lasaña



CONCLUSIÓN

La **predicción de las propiedades texturales** de las láminas de lasaña a partir de la medida de la **velocidad ultrasónica** podría ser una herramienta eficaz para evaluar y cuantificar de forma robusta y no destructiva cómo cambian las propiedades mecánicas de este tipo de productos al modificar el contenido de humedad.

CASO 2: Detección de cuerpos extraños en hamburguesa

Control



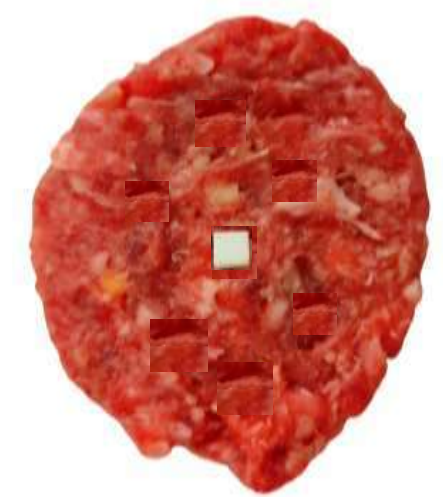
Hamburguesas de carne vacuna (90 g)

Cuerpos extraños

10×10 mm **Ø10 mm**

Cartón Madera Plástico Metal

Fuera de control



Transductores piezoeléctricos (\varnothing 2 cm)

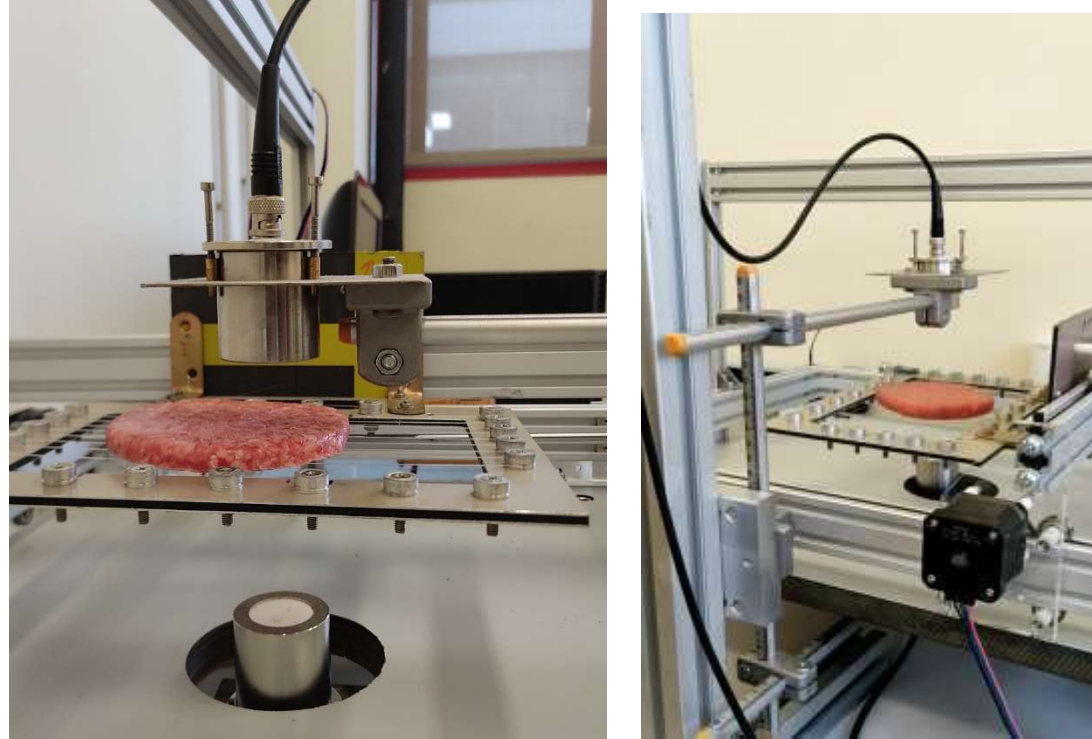
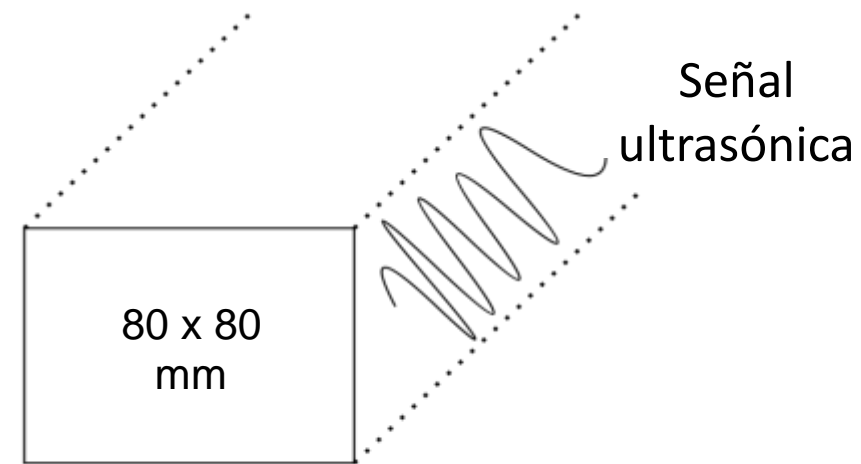
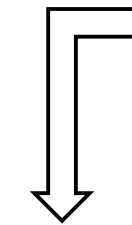
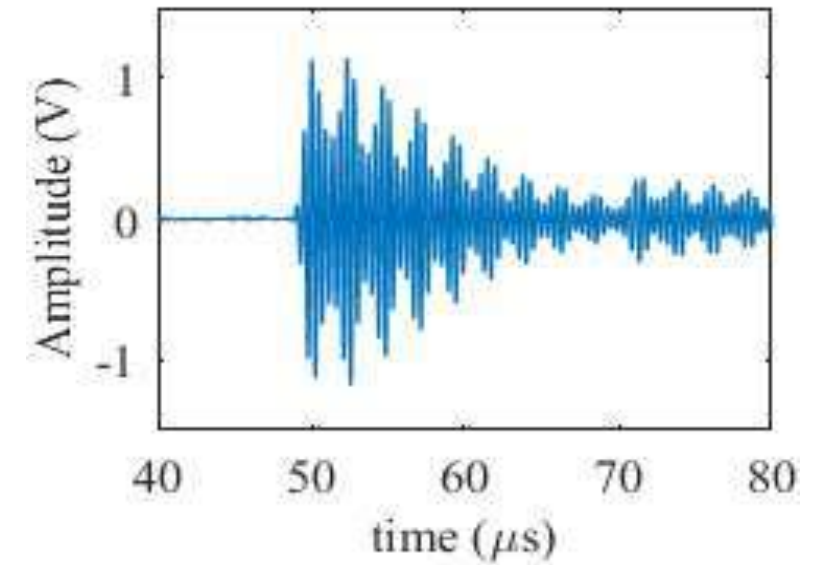


Fig. 7. Configuración experimental utilizada para las medidas ultrasónicas en hamburguesas.

6400 señales/muestra

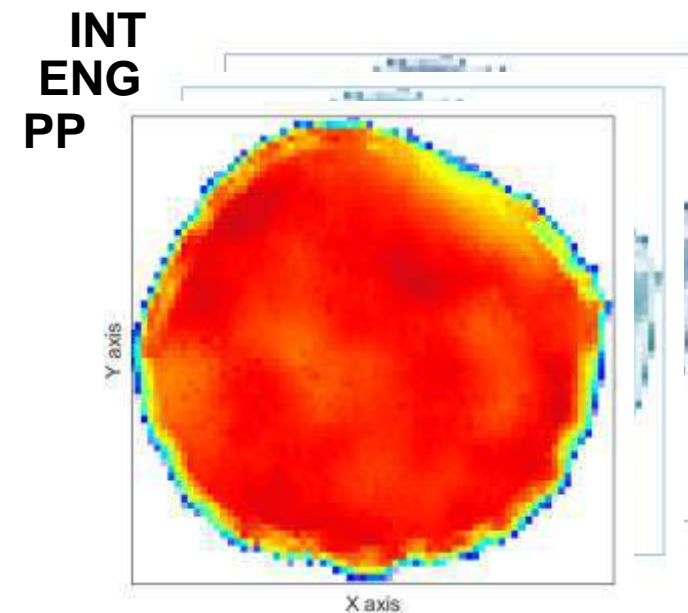


LabVIEW® 2020 +



- Distancia pico-pico (PP)
- Integral (INT)
- Norma (ENG)

Imagen ultrasónica



MATLAB® R2023a

La presencia del cuerpo extraño altera la forma de la señal ultrasónica, causando una disminución del nivel de energía

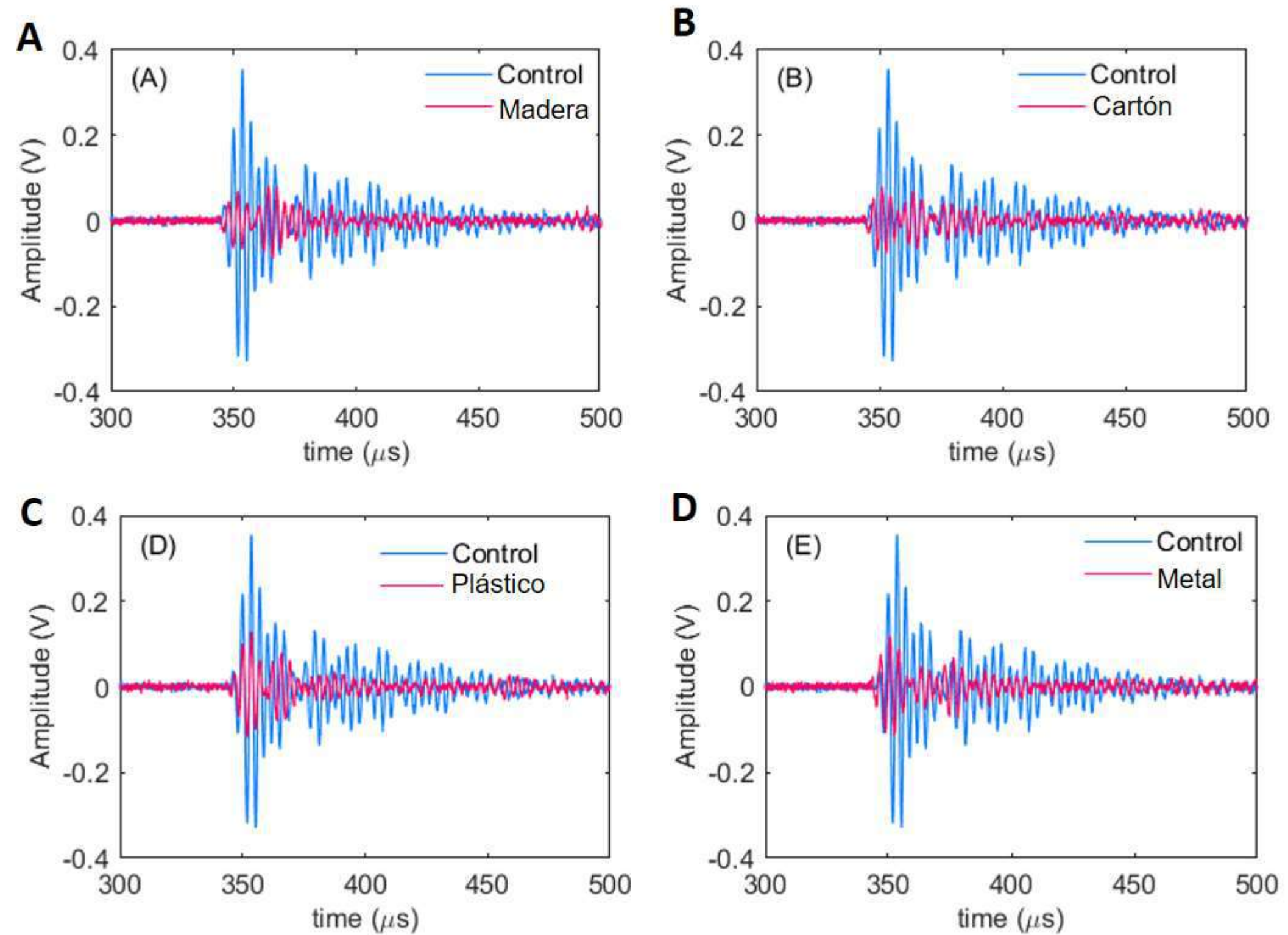


Fig. 8. Señales ultrasónicas en hamburguesa de carne vacuna conteniendo cuerpos extraños: **(A)** madera, **(B)** cartón, **(C)** plástico, **(D)** arandela metálica.

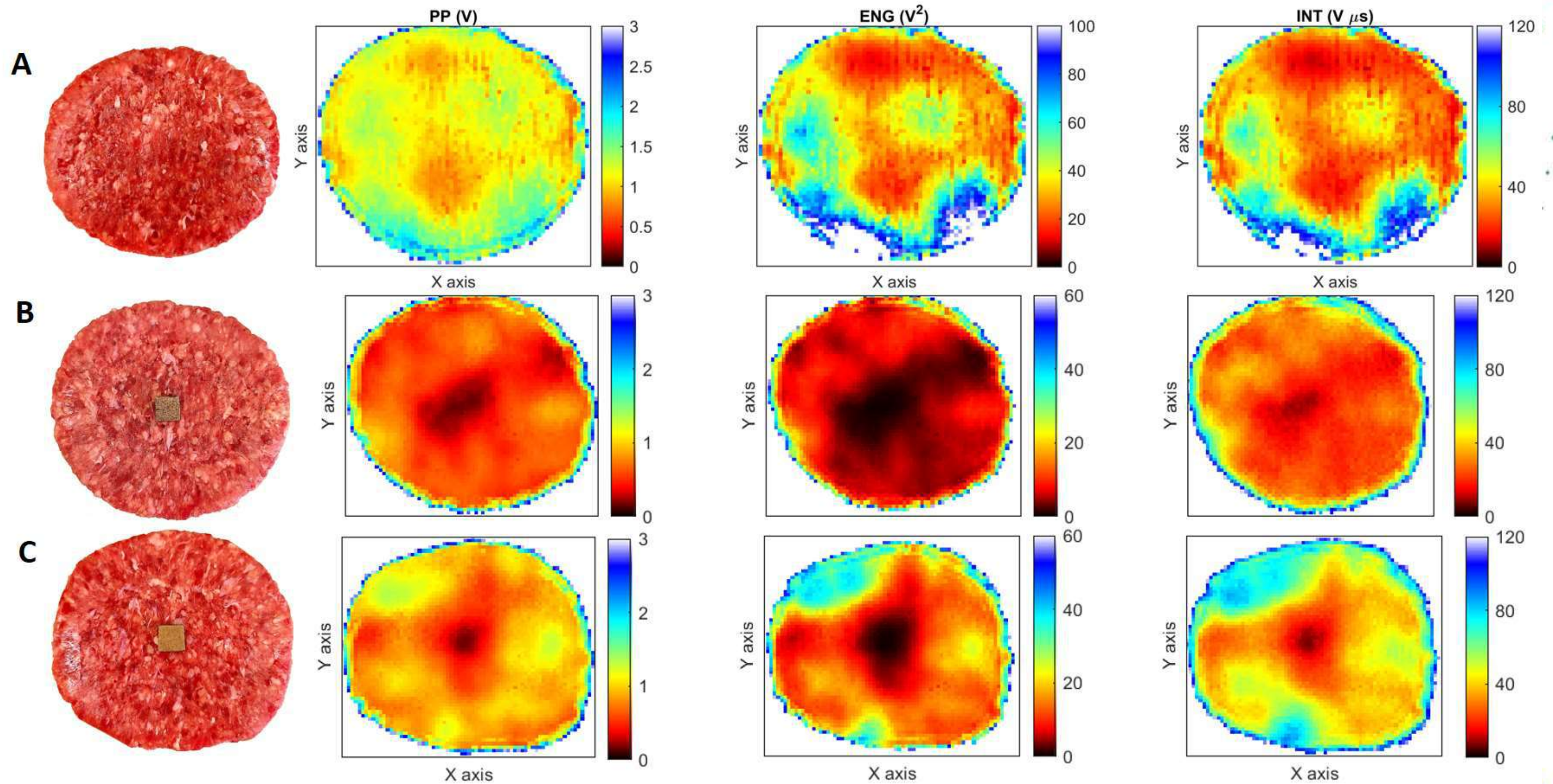


Fig. 9. Detección y localización de cuerpos extraños (A: control, B: madera, C: cartón) en hamburguesa de carne vacuna mediante el análisis de imágenes ultrasónicas

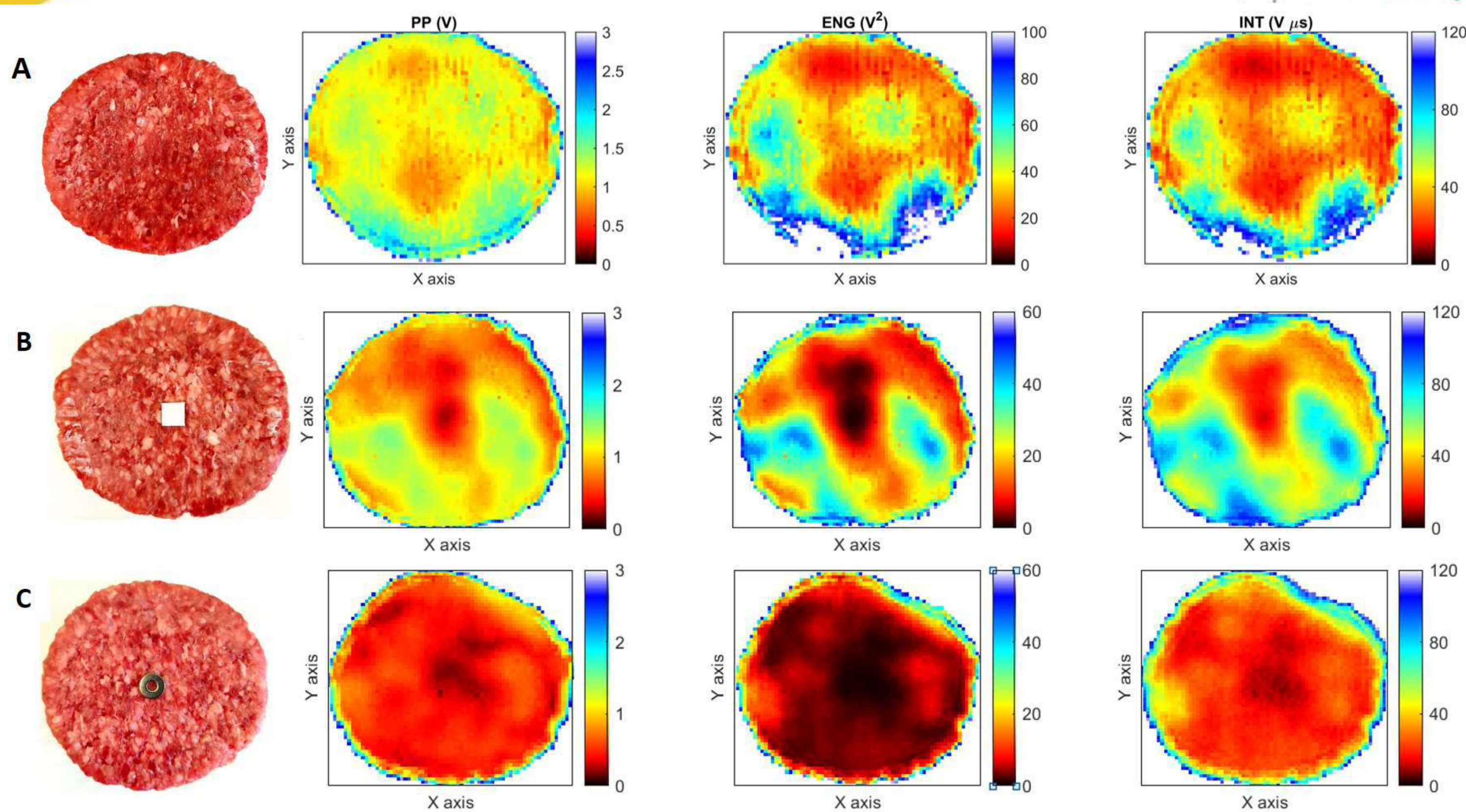
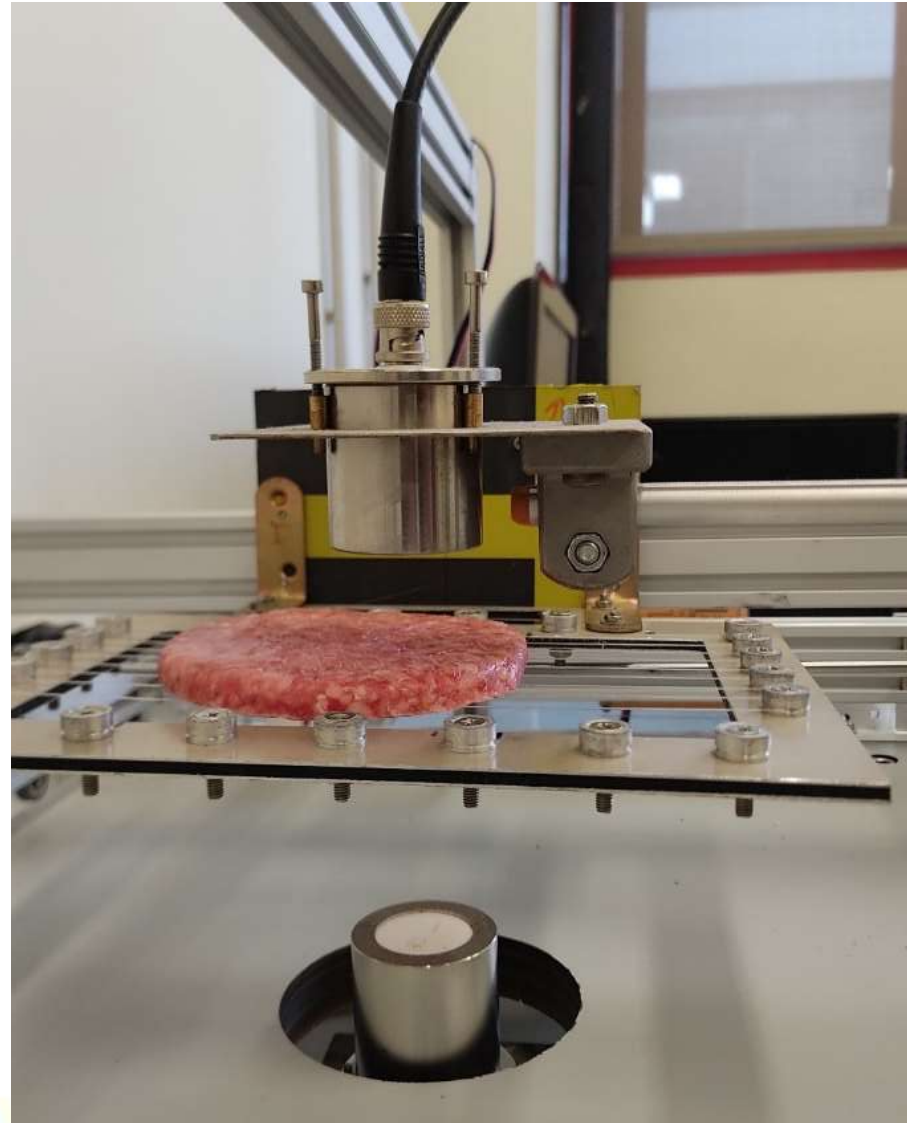


Fig. 10. Detección y localización de cuerpos extraños (A: control, B: plástico, C: arandela metálica) en hamburguesa de carne vacuna mediante el análisis de imágenes ultrasónicas

CASO 2: Detección de cuerpos extraños en hamburguesa



CONCLUSIÓN

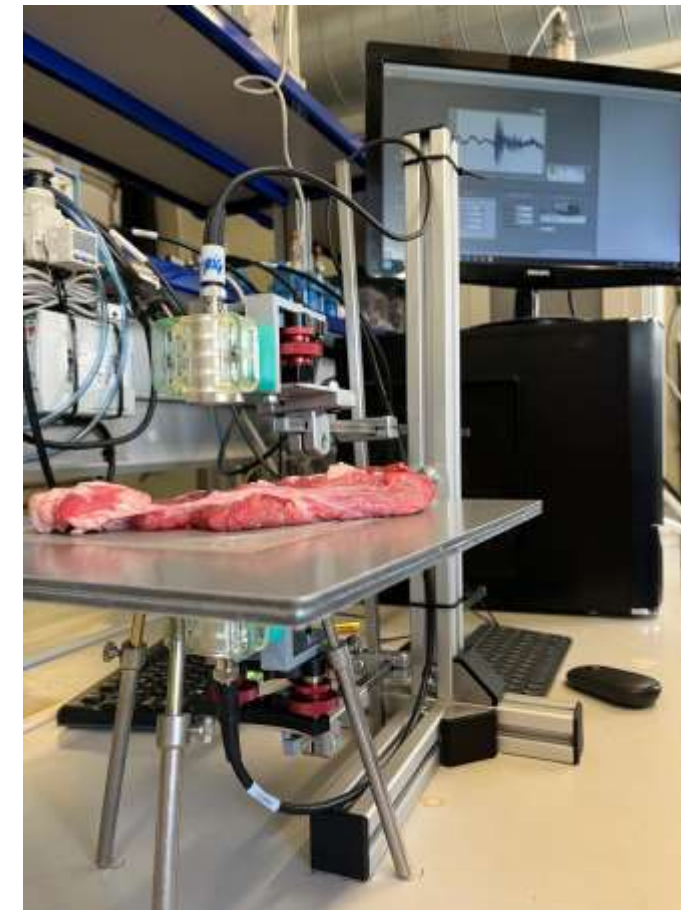
La presencia de **distintas tipologías de cuerpos extraños** en hamburguesas modifica la amplitud de la señal debido a la *perdida de energía de la onda ultrasónica*. El análisis de los parámetros ultrasónicos y de la imagen acústica permite *detectar la presencia e identificar la localización de cuerpos extraños de manera no invasiva*.

OTROS TRABAJOS:

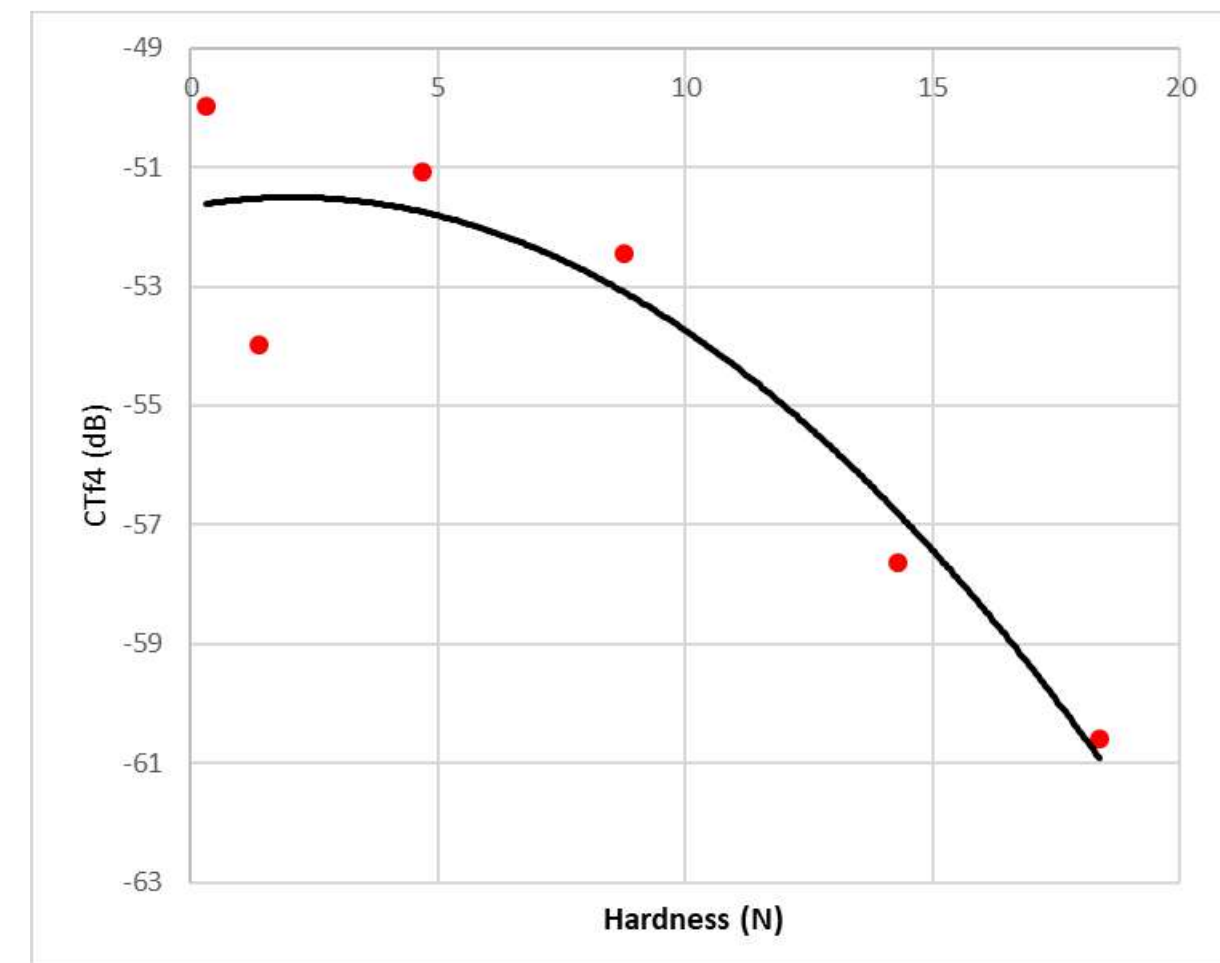
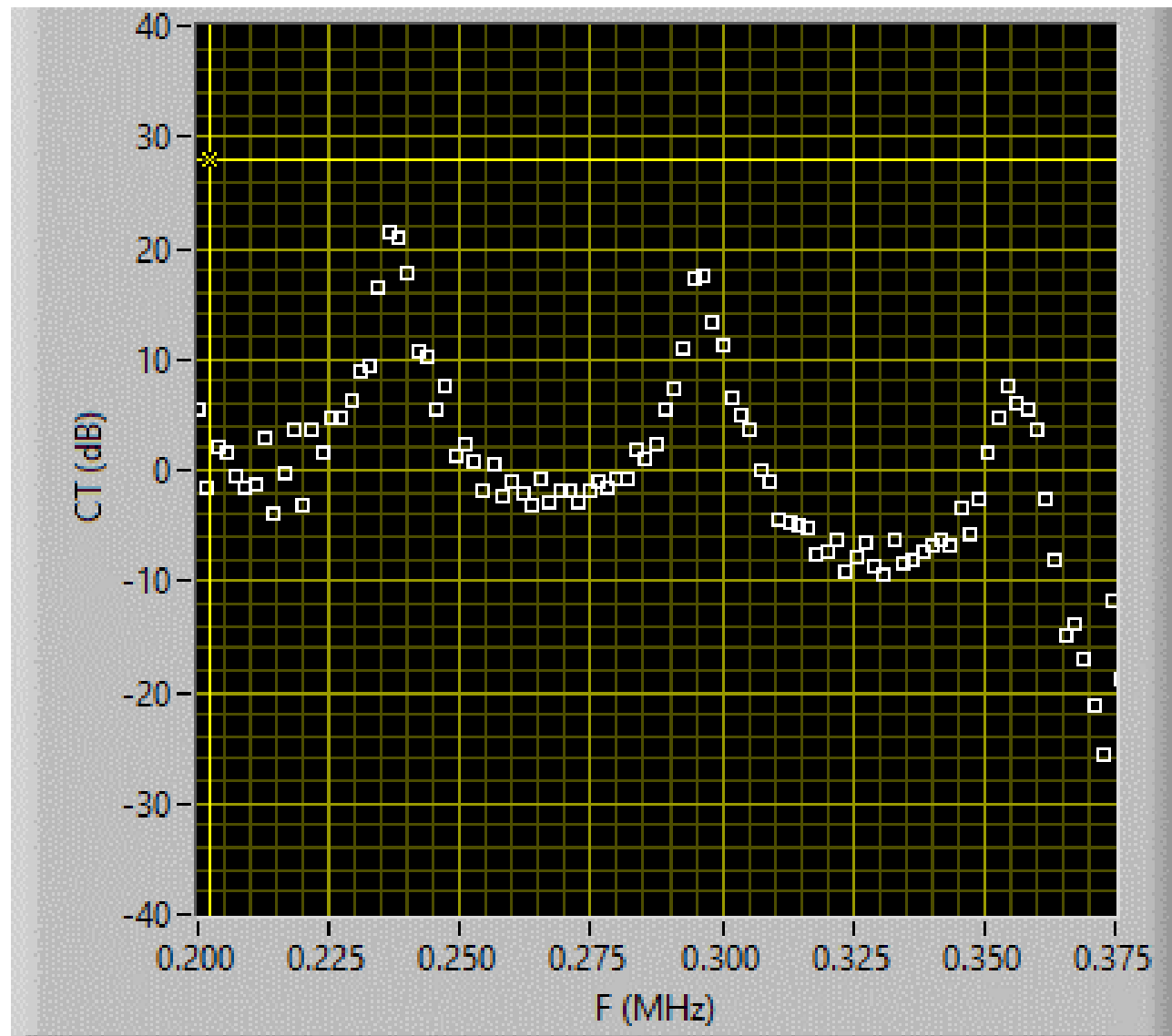
- Medida online de textura de tortitas de maíz
 - 600 tortitas/min, 10 medidas/tortita



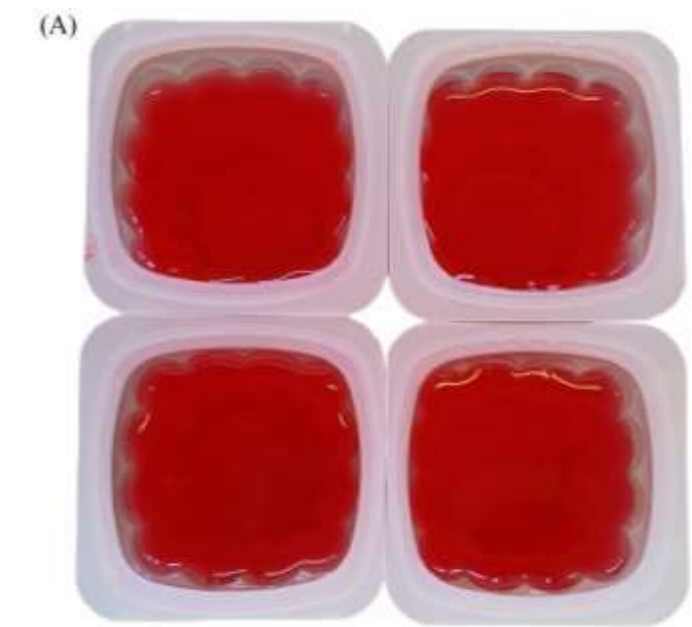
- Medida del contenido de grasa intramuscular en lomos vacunos



- Medidas composicionales y texturales en gelatinas

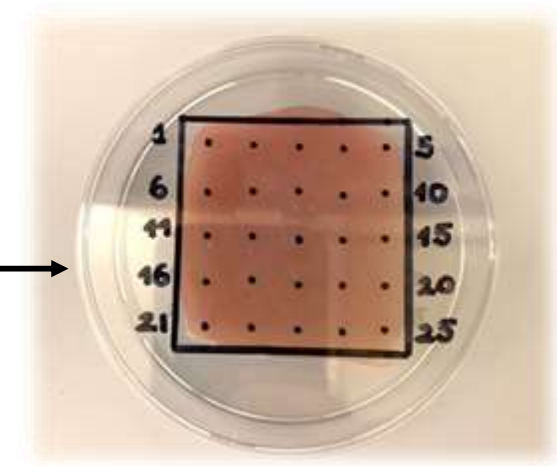
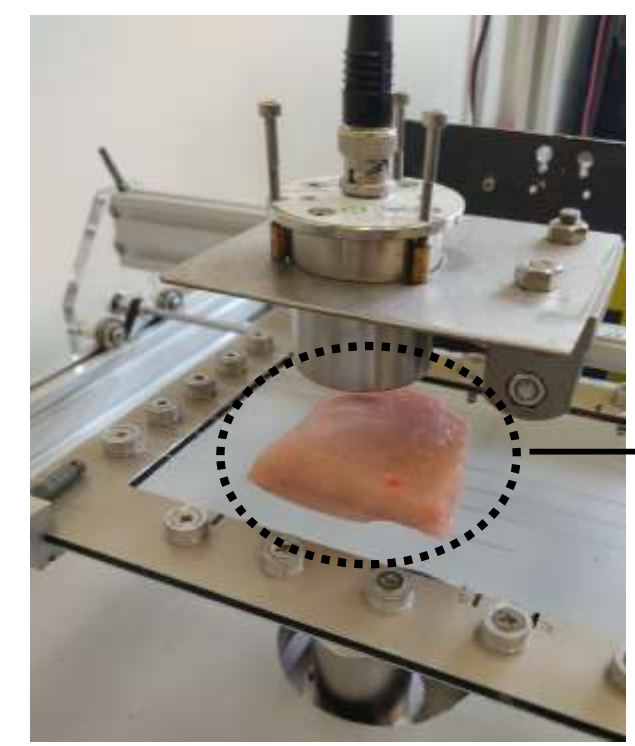
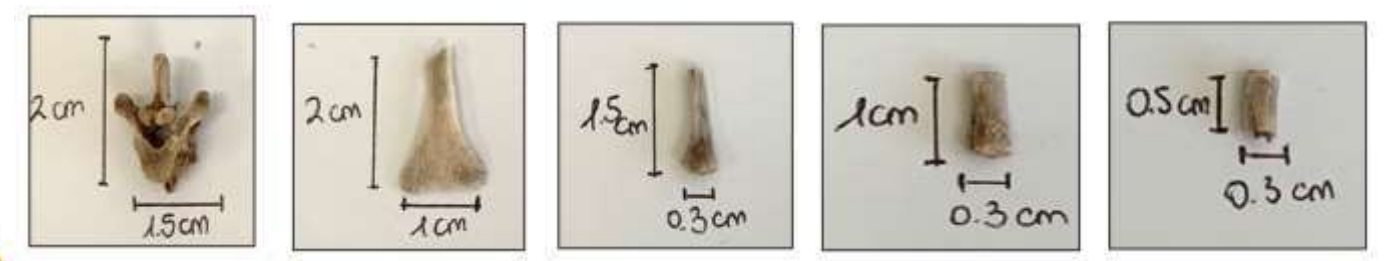


- Detección de insectos en postres



Weight (g) = 98.5 ± 1.1
 Volume (mL) = 93.3 ± 1.2
 Moisture (kgW/ kg d.m.) = 4.02 ± 0.02

- Detección de fragmentos de hueso en pechugas de pollo





MUCHAS GRACIAS!

AGROALNEXT 2022/045

“Desarrollo de sistemas ultrasónicos para la monitorización no-invasiva de la calidad y seguridad de los alimentos, orientado a la mejora de la digitalización del sector agroalimentario”

AGROALNEXT



Financiado por la
Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria d'Educació,
Universitats i Ocupació

GVA NEXT

Fondos Next Generation
en la Comunitat Valenciana

agiacom@upvnet.upv.es



FoodUPV



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA