



Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries



Integración de tecnologías no invasivas para la gestión de la **seguridad** **alimentaria**

Elena Fulladosa

Programa de Calidad y Tecnología alimentaria
4 de Junio de 2026

EL CONTEXTO

Productos más **saludables** y **sostenibles**

Menor contenido de sal,
sin nitrificantes

Menos desperdicio
Reducción huella de
carbono

EL RETO DEL SECTOR

*la sal y los nitrificantes son factores relevantes para el control de
microorganismos patógenos*

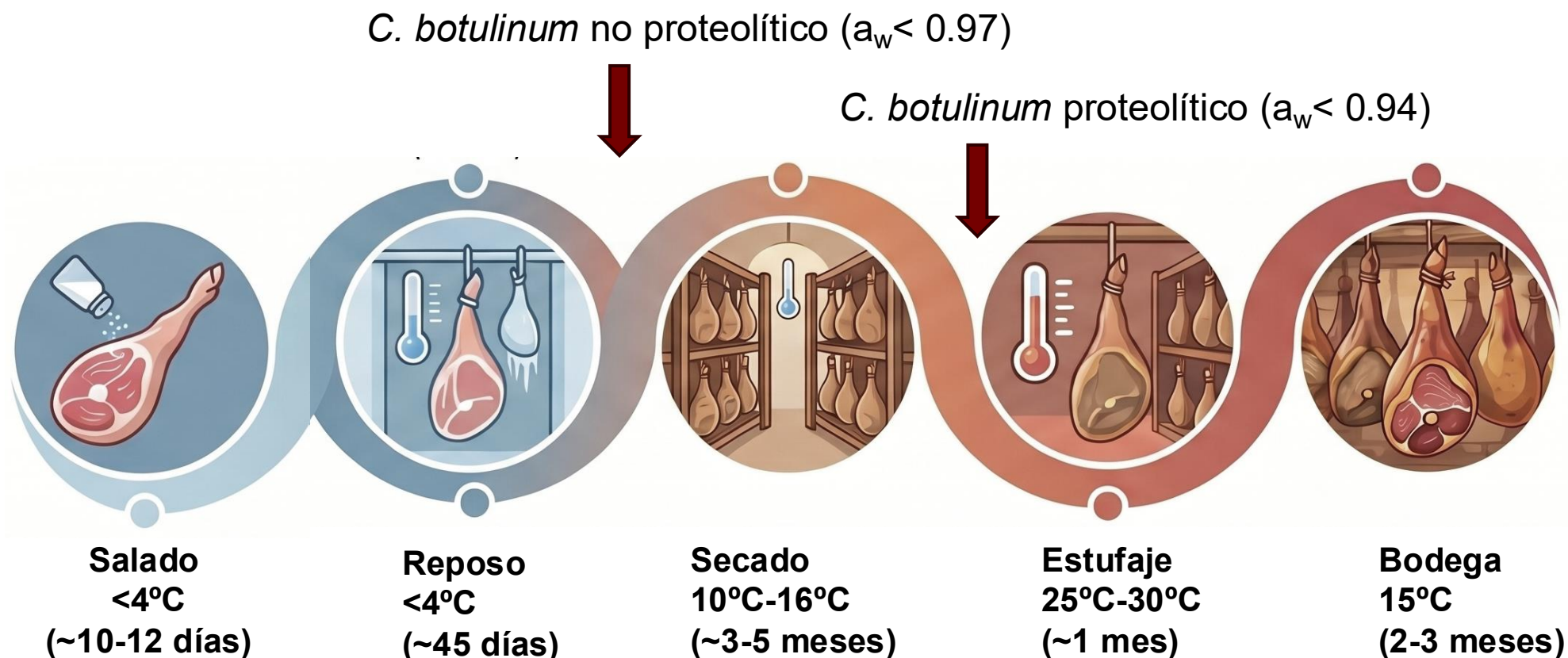
**Garantizar la seguridad
del producto**

Clostridium botulinum

Reto de seguridad en jamón
curado sin nitrificantes



El proceso de elaboración de jamón curado sin nitrificantes y sus riesgos



Es importante definir bien la temperatura y duración de las etapas para garantizar la seguridad del proceso

HERRAMIENTAS PARA ABORDAR LOS RETOS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

1 Microbiología predictiva

Los modelos de microbiología predictiva son una herramienta que permite conocer el comportamiento de los microorganismos en un rango de condiciones y combinaciones ambientales distintas.

$$\text{Prob. crecimiento} = f(\text{pH}, T, a_w)$$

C. botulinum, S.aureus, L. monocytogenes

Caracterización fisicoquímica del producto en el momento de la evaluación.

En jamón
curado

- Mucha heterogeneidad (**muestreo representativo**)
- Muestras tediosas y caras



Tomografía computarizada

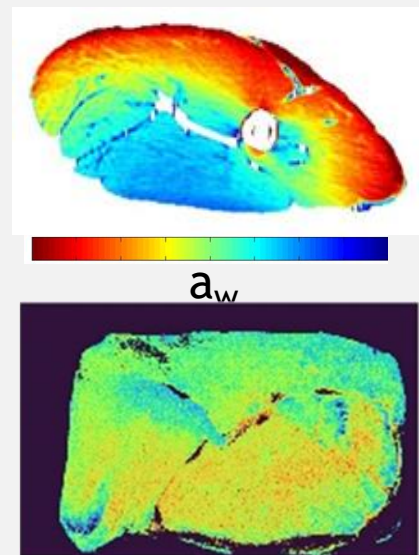


Imagen hiperespectral

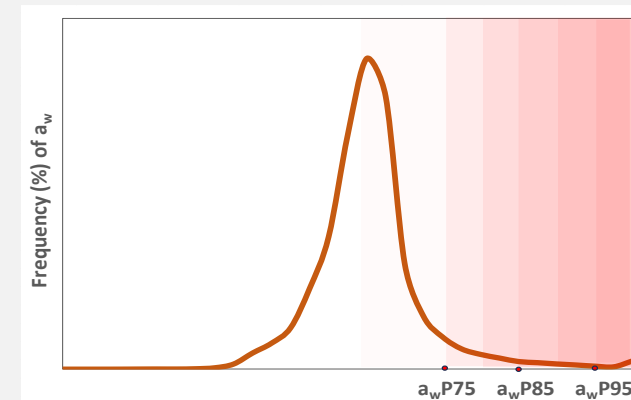
HERRAMIENTAS PARA ABORDAR LOS RETOS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

2 Tecnologías no invasivas.

Las tecnologías no invasivas de caracterización permiten monitorizar y caracterizar el producto de manera rápida y en línea, sin destruir el producto.



- Imagen química de a_w
- Polígonos de frecuencia de a_w



- ❖ Datos únicos
- ❖ Datos más representativos de la producción

HERRAMIENTAS PARA ABORDAR LOS RETOS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

- 1 Microbiología predictiva.
- 2 Tecnologías de caracterización no invasivas.
- 3 SAFE-TI's: Tecnologías Innovadoras para la gestión de la seguridad alimentaria.

¿Qué son las SAFE-TI's?

Son un nuevo concepto de evaluación y gestión de la seguridad alimentaria, que se caracteriza por:

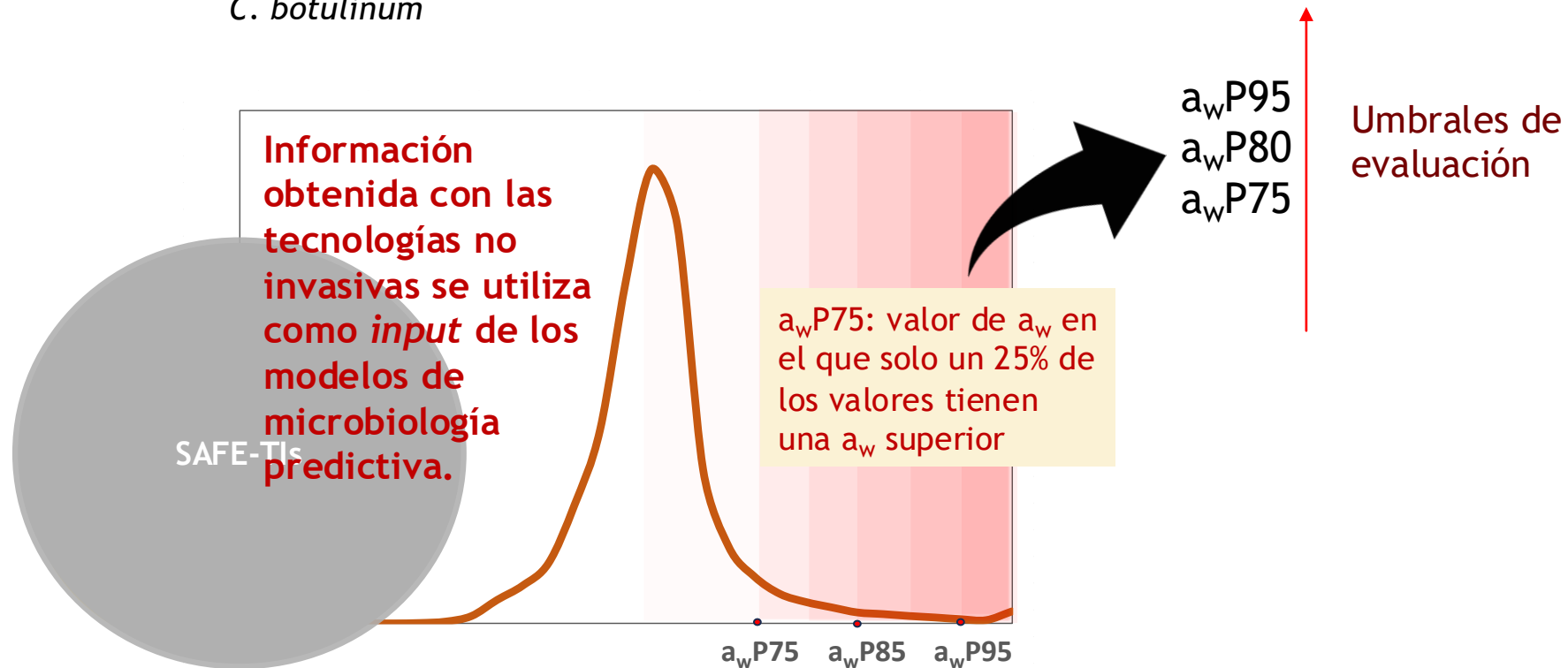
- Hacer una evaluación no invasiva.
- Utilización de **tecnologías no invasivas de caracterización** fisicoquímica y la **microbiología predictiva** conjuntamente.

¿En qué consisten las SAFE-TI's?

Peor de los casos Temperatura del producto

$$\text{Prob. crecimiento} = f(\text{pH}, T, a_w)$$

C. botulinum



Evaluación de la seguridad en un punto determinado del proceso (por ejemplo **donde el cambio de temperatura supone un riesgo**)

SAFETY-TOOL: CASO DE ÉXITO

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JAMÓN CURADO SIN NITRIFICANTES

1. Caracterización no invasiva del producto

¿Cuántos jamones/paquetes? ¿qué zona o momento del proceso?



2. Establecer los umbrales de evaluación que serán el input de los modelos de microbiología predictiva.

CRITERIOS MÁS O MENOS CONSERVADORES



- ❖ Qué percentil dentro de la distribución.
- ❖ No existe normativa o directriz.
- ❖ Se recomienda utilizar percentiles elevados.
- ❖ No se recomienda utilizar P50.



3. Determinación de la probabilidad de crecimiento de patógenos.

$$\text{Prob}(\text{Crec}) = f \{ a_w, \text{pH}, T \}$$

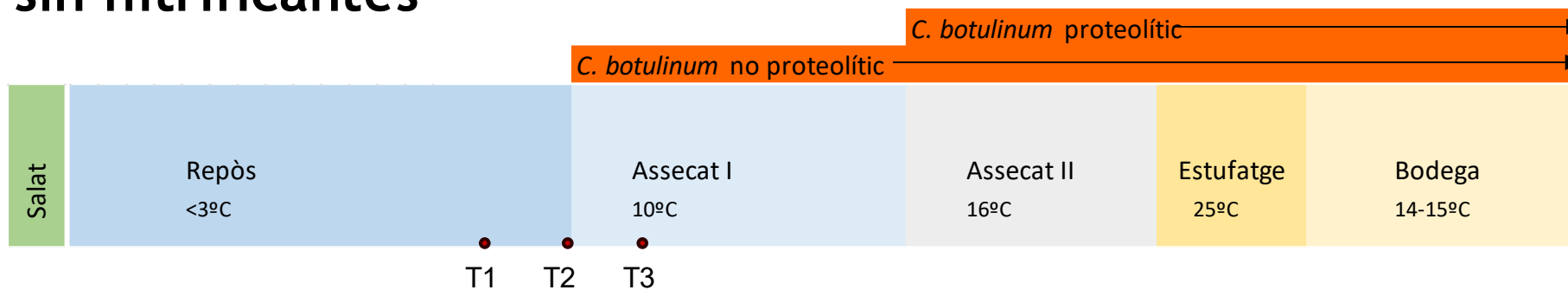


IRTA^R



RESULTADOS

Evaluación de la seguridad del proceso de elaboración sin nitrificantes

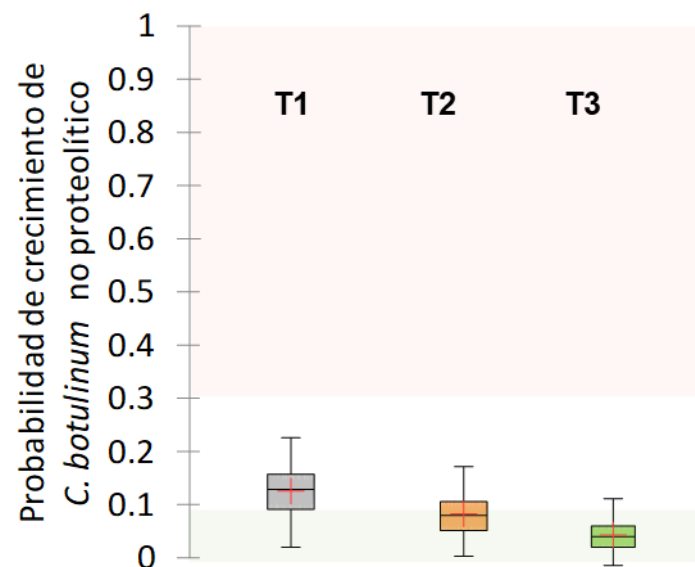


Prob. crecimiento = $f(\text{pH}, T, a_w)$

N= 100 jamones representativos de la producción

Modelo de microbiología predictiva para *C. botulinum* no proteolítico en jamón

A_w P90 según TC
PH=5.9
T=10°C



Acciones de mejora de la seguridad del proceso:

- Reducir la a_w (más tiempo en reposo).
- Reducir la variabilidad de la producción.

Evaluar la seguridad



Optimizar el proceso de elaboración ajustando T y t



Gestión de la Seguridad a nivel industrial

TAKE HOME MESSAGE

Las **tecnologías no invasivas** ofrecen datos fiables, abundantes y únicos frente a los métodos químicos tradicionales → Big data

La **modelización**, basada en técnicas convencionales y/o en IA, constituye una herramienta de gran potencial para la evaluación y gestión de la seguridad alimentaria.

Este **nuevo concepto de evaluación no invasiva de la seguridad** (SAFE-TI's) permite mejorar los procesos y gestionar la seguridad de los alimentos de una manera más ágil y fiable, e impulsa la digitalización de la industria alimentaria.

*Con las empresas,
y para las empresas*





Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries



Integración de tecnologías no invasivas para la gestión de la **seguridad alimentaria**

Elena Fulladosa i Tomàs

Programa de Calidad y Tecnología Alimentarias
Área de Industrias Alimentarias (Monells)

elena.fulladosa@irta.cat